

Ympäristötekniikan koulutuksen ja tutkimuksen selvitys

Opetusministeriön työryhmämuistioita ja selvityksiä 2005:13

Selvitysmiehet Outi Krause ja Juha Kaila

Opetusministeriön työryhmämuistioita ja selvityksiä.

Undervisningsministeriets arbetsgruppspromemorior och utredningar.

Ympäristötekniikan koulutuksen ja tutkimuksen selvitys

Opetusministeriön työryhmämuistioita ja selvityksiä 2005:13

Selvitysmiehet Outi Krause ja Juha Kaila



OPETUSMINISTERIÖ

Undervisningsministeriet

MINISTRY OF EDUCATION

Ministère de l'Éducation

Opetusministeriö / Undervisningsministeriet

Koulutus- ja tiedepolitiikan osasto / Utbildnings- och forskningspolitiska avdelningen

PL / PB 29

00023 Valtioneuvosto / Statsrådet

<http://www.minedu.fi/julkaisut/index.html>

Yliopistopaino / Universitetsstryckeriet, 2005

ISBN 952-442-904-7 (nid./htf)

ISBN 952-442-905-5 (PDF)

ISSN 1458-8102

Opetusministeriön työryhmämuistioita ja selvityksiä/

Undervisningsministeriets arbetsgruppspromemorior och utredningar 2005:13

Kuvailulehti

Julkaisija
Opetusministeriö

Julkaisun päivämäärä
2.5.2004

Tekijät (toimielimestä: toimielimen nimi, puheenjohtaja, sihteeri) Selvitysmiehet Outi Krause ja Juha Kaila	Julkaisun laji Opetusministeriön työryhmämuistioita ja selvityksiä	
	Toimeksiantaja Opetusministeriö	
	Toimielimen asettamispvm 20.10.2004	Dnro 55/043/2004
Julkaisun nimi (myös ruotsinkielinen) Ympäristötekniikan koulutuksen ja tutkimuksen selvitys		
Julkaisun osat Muistio ja liitteet		
<p>Tiivistelmä</p> <p>Selvitysmies Paavo Uronen ehdotti Opetusministeriölle laatimassaan raportissaan "Teknillistieteellisen koulutuksen mahdollinen laajentaminen Keski-Suomessa ja Pohjois-Savossa" (OPM:n työryhmämuistioita 2004:26), että ympäristötekniikan DI-koulutustarve selvitetään valtakunnallisesti erikseen. Tähän tehtävään opetusministeriö kutsui 20.10.2004 professori Outi Krausen Teknillisestä korkeakoulusta ja tekniikan tohtori Juha Kailan Kasui Oy:stä.</p> <p>Selvitysmiesten raportissa kartoitetaan ympäristötekniikan yliopistokoulutusta ja -tutkimusta maassamme, lähinnä suoritetun kyselyn perusteella. Raportissa esitellään eräitä kansainvälisiä malleja alan koulutuksen järjestämisestä, tarkastellaan ympäristötekniikan yhteiskunnallista merkitystä ja tulevaisuuden kehitystrendejä sekä tehdään esityksiä alan koulutuksen ja tutkimuksen kehittämiseksi.</p> <p>Tehdyn selvityksen perusteella voitiin todeta, että ympäristötekniikan koulutus on varsin hajanaista eikä alan yhtenäistä määrittelyä ole olemassa. Ympäristötekniikan nimissä annetaan hyvin monenlaista koulutusta, ja osa selvästi ympäristötekniikkaan kuluva koulutuksesta annetaan aivan muilla nimikkeillä. Osasyynä määrittelyepäselvyyksiin ovat varmaankin alan poikkitieteellisyys sekä eri oppilaitosten erilaiset historialliset painotukset.</p> <p>Ympäristötekniikka on tyypillisesti monitieteinen ala. Tämän vuoksi on syytä varmistaa, että uuden kaksivaiheisen tutkinnon kandidaattivaiheessa kaikille opiskelijoille annetaan vahva ja riittävän laaja luonnontieteiden ja tekniikan peruskoulutus, jonka pohjalle erikoistuminen myös ympäristötekniikan eri osa-alueisiin mahdollistuu. Toisaalta ympäristöasiat ovat nousseet tärkeäksi osaamisalueeksi kaikille insinööreille. Perustiedot ympäristötekniikasta tulisi antaa kaikille opiskelijoille jo kandidaattivaiheessa. Monitieteisen ympäristötekniikan menestyksellinen koulutus vaatii ympärilleen myös runsaasti muita tekniikan aloja, joita erilliset opetuskeskukset eivät voi tarjota.</p> <p>Diplomi-insinöörejä valmistuu ympäristötekniikan koulutusohjelmista Oulun yliopistossa, Tampereen teknillisessä yliopistossa ja Lappeenrannan teknillisessä yliopistossa sekä muista koulutusohjelmista myös Åbo Akademiassa ja Teknillisessä korkeakoulussa. Valmistuneiden määrä oli vuonna 2004 noin 140. Ympäristötieteen alan filosofian maistereita valmistuu Helsingin, Jyväskylän ja Kuopion yliopistoista. Tehdyn selvityksen mukaan ympäristötekniikasta valmistui vuonna 2004 vain 14 maisteria. Edellä kerrotuista määrittelyvaikeuksista johtuen ei kuitenkaan ole mahdollista antaa täysin täsmällisiä tietoja valmistuneista.</p> <p>Tämän selvityksen kyselyvastausten mukaan ympäristötekniikan tekniikan lisensiaatteja valmistui 2000-luvun alkuvuosina vaihtelevasti 10–15 vuosittain ja tohtoreita lisääntyvässä määrin 7–23. Filosofian tohtoreita ympäristötieteessä valmistui samana aikana hieman laskevassa määrin 14–21 vuosittain.</p> <p>Tulevaisuuden haasteita ajatellen tärkeimmät tutkimuksen painoalueet ovat uusiutuvien energiamuotojen ja raaka-aineiden tehokkaampi hyödyntäminen sekä jätteiden käsittelyn uudet tekniikat. Erityisesti perustutkimusta kyseisillä aloilla tulee vahvistaa. Ympäristötekniikka on alana suhteellisen uusi. Sen vuoksi alan tutkijakoulutus ei ole vielä tasolla missä sen pitäisi olla, jotta tutkimustoimintaa voitaisiin täysipainoisesti harjoittaa. Erityisesti tekniikan alalla pitäisi tohtorien koulutusmääriä nopeasti lisätä. Tutkijakoulun käynnistäminen erityisesti jätehuoltotekniikan alueella vahvistaisi myös alan perustutkimusta.</p> <p>Selvitysmiesten kannanotot:</p> <ul style="list-style-type: none">- Ympäristötekniikan yhteiskunnallinen merkitys kasvaa Suomessa, Euroopassa ja maailmanlaajuisesti.- Tulevaisuuden ympäristökysymykset voidaan tiivistää kahteen osa-alueeseen: ilmaston muutoksen hillintä ja jätemateriaalivirtojen hallinta.- Ympäristötekniikan alan aloituspaikkojen määrä piderään nykytasolla kaudella 2006–2012.- Jyväskylän ja Kuopion yliopistoissa jatketaan luonnontieteellisen alan ympäristötekniikan koulutusta.- Yliopistojen tulee lisätä ympäristötekniikan opetusresursseja, jotta turvataan kaikille tekniikan alan opiskelijoille mahdollisuus opiskella omaan erikoistumisalaan liittyviä ympäristökysymyksiä.- Perustetaan jätehuoltotekniikan professuuri joko Teknilliseen korkeakouluun tai Tampereen teknilliseen yliopistoon.- Lisätään ympäristötekniikan perustutkimusta ja perustutkimusta lähellä olevaa soveltavaa tutkimusta esim. Suomen Akatemian ja Tekes:n yhteisillä tutkimusohjelmilla. Erityisesti uusiutuvien energiamuotojen ja raaka-aineiden tehokkaampaa hyödyntämistä ja jätemateriaalien hallinnan uusia tekniikoita tulisi painottaa.- Käynnistetään tutkijakoulu jätehuollon alueelle.- Yliopistopaikkakuntien ulkopuolisissa yliopistokeskuksissa tulee keskittyä täydennyskoulutuksen antamiseen.		
Avainsanat		
Yliopistot, tekniikan ala, diplomi-insinöörikoulutus, ympäristötekniikka		
Muut tiedot		
Sarjan nimi ja numero Opetusministeriön työryhmämuistioita ja selvityksiä 2005:13		ISSN 1458-8102
		ISBN 952-442-904-7 (nid.) 952-442-905-5 (PDF)
Kokonaissivumäärä 36 + liitteet	Kieli suomi	Hinta
Jakaja Yliopistopaino	Luottamuksellisuus julkinen	
		Kustantaja Opetusministeriö

Presentationssblad

Utgivare
Undervisningsministeriet

Utgivningsdatum
2.5.2005

Författare (uppgifter om organets namn, ordförande, sekreterare) Utredarna Outi Krause och Juha Kaila	Typ av publication Undervisningsministeriets arbetsgruppspromemorior och utredningar	
	Uppdragsgivare Undervisningsministeriet	
	Datum för tillsättande av organet 20.10.2004	Dnr 55/043/2004
Publikation (även den finska titeln) Utredning av utbildning och forskning inom miljöteknik (Ympäristötekniikan koulutuksen ja tutkimuksen selvitys)		
Publikationens delar Promemoria + bilagor		
Sammandrag <p>Utredare Paavo Uronen föreslog i sin rapport "Teknillistieteellisen koulutuksen mahdollinen laajentaminen Keski-Suomessa ja Pohjois-Savossa" (UVM:s arbetsgruppspromemorior 2004:26) åt undervisningsministeriet en separat riksomfattande utredning av behovet av DI-utbildning inom miljöteknik. Undervisningsministeriet kallade professor Outi Krause från Tekniska högskolan och teknologie doktor Juha Kaila från Kasui Oy till uppgiften den 20 oktober 2004.</p> <p>I denna rapport kartläggs universitetsutbildningen och -forskningen inom miljöteknik i landet, i första hand utifrån en enkätundersökning. Utredarna presenterar några internationella modeller att ordna utbildningen inom området, granskar miljöteknikens samhälleliga betydelse och utveckling i framtiden samt lägger fram förslag till utveckling av utbildningen och forskningen på området.</p> <p>På basis av utredningen kunde det konstateras att utbildningen i miljöteknik är högst divergerande och att det inte finns någon enhetlig definition på området. Under namnet miljöteknik ges utbildning av mångahanda slag, och utbildning som klart hör till miljötekniken ges under helt andra benämningar. Definitionssvårigheterna beror säkert delvis på områdets tvärvetenskaplighet och olika historiska betoningar i läroinrättningarna.</p> <p>Miljöteknik är ett typiskt tvärvetenskapligt område. Det är därför i den nya examensstrukturen med två steg skäl att se till att alla studerande redan på kandidatnivå ges en stark och tillräckligt bred naturvetenskaplig och teknisk grundutbildning, som gör det möjligt att bygga vidare och specialisera sig även inom miljöteknikens olika delområden. Å andra sidan har miljöfrågorna blivit ett viktigt kompetensområde för alla ingenjörer. Grundkunskaperna i miljöteknik bör därför ges alla studerande redan i kandidatutbildningen. En framgångsrik tvärvetenskaplig utbildning i miljöteknik kräver en mångfald av andra teknikområden runt sig, vilket fristående undervisningscentrum inte kan erbjuda.</p> <p>Diplomeringenjörer utexamineras från utbildningsområdet för miljöteknik i Uleåborgs universitet, Tammerfors tekniska universitet och Villmanstrands tekniska universitet och från andra utbildningsprogram också vid Åbo Akademi och Tekniska högskolan. År 2004 var antalet utexaminerade cirka 140. Filosofie magistrar inom miljöteknik utexaminerades från Helsingfors, Jyväskylä och Kuopio universitet. Enligt utredningen var antalet utexaminerade magistrar inom miljöteknik år 2004 bara 14. På grund av definitionsproblemen är det dock inte möjligt att ange helt exakta uppgifter om antalet utexaminerade.</p> <p>Enligt svaren på den enkät som gjordes för utredningen varierade antalet utexaminerade teknologie licentiatier i miljöteknik de första åren in på 2000-talet mellan 10 och 15 per år och antalet doktorer i stigande skala mellan 7 och 23. Under samma tid utexaminerades filosofie doktorer i miljövetenskap i en något sjunkande skala mellan 14 och 21 per år.</p> <p>Med tanke på framtidens utmaningar är forskningens viktigaste fokusområden ett effektivare utnyttjande av förnybara energiformer och råvaror samt nya teknikformer för avfallshantering. I synnerhet grundforskningen på dessa områden bör stärkas. Miljötekniken är ett relativt nytt område. Därför ligger forskarutbildningen inom området inte ännu på den nivå där den borde vara för att forskningsverksamheten skall kunna utövas fullödig. I synnerhet inom tekniken borde volymen på doktorsutbildningen snabbt ökas. Särskilt inom området avfallshanteringsteknik skulle en forskarskola stärka också grundforskningen inom området.</p> <p>Utredarnas ställningstaganden:</p> <ul style="list-style-type: none">- Miljöteknikens samhälleliga betydelse ökar i Finland, Europa och globalt.- Framtidens miljöfrågor kan sammanfattas i två delområden: kontrollen över klimatförändringen och hanteringen av flödet avfallsmaterial.- Antalet nybörjarplatser inom miljöteknik hålls på nuvarande nivå 2006–2012.- Utbildningen i miljöteknik inom det naturvetenskapliga området fortsätter vid Jyväskylä och Kuopio universitet.- Universiteten bör utöka sina miljötekniska undervisningsresurser för att alla studerande inom det tekniska området skall till försäkras möjligheter att studera miljöfrågor som anknyter till det egna specialiseringsområdet.- En professur i avfallshanteringsteknik inrättas antingen vid Tekniska högskolan eller Tammerfors tekniska universitet.- Grundforskningen i miljöteknik och den närliggande tillämpade forskningen utökas t.ex. inom Finlands Akademi och Teknologiska utvecklingscentralens gemensamma forskningsprogram. Tonvikten bör ligga särskilt på ett effektivare utnyttjande av förnybara energiformer och råvaror samt nya teknikformer för hanteringen av avfallsmaterial.- En forskarskola inom området avfallshantering inrättas.- Universitetscentrumen utanför universitetssorterna bör koncentrera sig på att ge fortbildning.		
Nyckelord Universitet, teknik, diplom-ingenjörsutbildning, miljöteknik		
Övriga uppgifter		
Seriens namn och nummer Undervisningsministeriets arbetsgruppspromemorior och utredningar 2005:13		ISSN 1458-8102
		ISBN 952-442-904-7 (htf) 952-442-905-5 (PDF)
Sidoantal 36 + bilagor	Språk finska	Pris
Distribution Universitetstrycket		Sekretessgrad offentlig
		Förlag Undervisningsministeriet

Opetusministeriölle

Selvitysmies, emeritus rehtori Paavo Uronen selvitti Opetusministeriön kutsusta Teknillistieteelliseen koulutuksen mahdollista laajentamista Keski-Suomessa ja Pohjois-Savossa. Hän ehdotti mm. ympäristötekniikan DI-koulutustarpeen selvittämistä valtakunnallisesti erikseen. [1]

Tähän tehtävään Opetusministeriö kutsui 21.10.2004 professori Outi Krausen Teknillisestä korkeakoulusta sekä tekniikan tohtori Juha Kailan Kasui Oy:stä. Selvitysmiestoimeksiannon mukaan työssä tuli tarkastella ainakin seuraavia asioita:

1. Kartoittaa ympäristötekniikan yliopistokoulutuksen nykyvolyymi ja koulutuspaikat;
2. Pohtia ympäristötekniikan yhteiskunnallista merkitystä tulevaisuudessa;
3. Arvioida, mitkä ovat ympäristötekniikan tulevaisuuden kehitystrendejä ja mihin osaamisalueisiin Suomen tulee lähivuosina panostaa alan koulutus- ja tutkimustoiminnassa;
4. Arvioida ympäristötekniikan koulutustarve vuoteen 2012 saakka sekä tehdä ehdotuksia siitä, millaisilla koulutusratkaisuilla ja -rakenteilla koulutustarve voidaan tyydyttää.

Selvitysmiehet voivat tehdä myös muita alan koulutus- ja tutkimustoimintaa koskevia ehdotuksia. Selvityksen tuli valmistua 30.3.2005 mennessä.

Selvitykseen liittyen tehtiin yliopistoille ympäristötekniikan opetusta ja tutkimusta koskeva kysely. Selvitysmiehet ovat työnsä aikana järjestäneet Helsingissä aihetta käsittelevän seminaarin ja vierailleet Kuopion yliopistossa, missä kuultiin myös Lappeenrannan teknillisen yliopiston ja Oulun yliopiston edustajia. Selvitysmiehet ovat lisäksi tavanneet alan asiantuntijoita opetusministeriössä, kauppa- ja teollisuusministeriössä, ympäristöministeriössä, Tekes:ssä ja Elinkeinoelämän Keskusliitossa.

Selvitysraportissa tarkastellaan ympäristötekniikan yliopistokoulutusta ja -tutkimusta, selostetaan tehdyn kyselyn tuloksia, arvioidaan nykyistä tilannetta ja tehdään toimeksiannossa pyydetty kehittämis ehdotukset. Selvitysmiehiä on avustanut DI Matti Hosia.

Selvitysmiehet luovuttavat raporttinsa ja siihen sisältyvät ehdotuksensa kunnioittavasti opetusministeriölle.

Helsingissä 2.5.2005

Outi Krause

Juha Kaila

Sisältö

1	Johdanto	7
1.1	Ympäristötekniikan määrittely	7
1.2	Selvityksen teosta	8
2	Ympäristötekniikan yhteiskunnallinen merkitys	10
3	Tulevaisuuden trendit	12
4	Ympäristötekniikan koulutuksen nykytilanne	14
4.1	Yleistä	14
4.2	Tekniikan alan koulutus (DI-koulutus)	14
4.3	Muu ympäristöalan koulutus (luonnontieteen FM ja MMM)	15
4.4	Täydennyskoulutus, maisteriohjelmat ja muu koulutus	16
4.5	Ammattikorkeakoulut	17
4.6	Koulutuksen määrällistä tarkastelua	17
4.7	Esimerkkejä ympäristötekniikan koulutuksesta muissa Euroopan maissa	20
4.8	Kouluttajien arviot tarvittavista koulutusmääristä	21
5	Ympäristötekniikan tutkijakoulutuksesta ja tutkimuksesta	23
5.1	Tutkijakoulutus ja jatkotutkinnot	23
5.2	Julkaisutoiminta	25
5.3	Ympäristötekniikan tutkimus Tekes:n teknologiaohjelmissa	26
5.4	Muuta tutkimuksesta	27
6	Resurssit	28
6.1	Henkilövoimavarat	28
6.2	Rahoitus	30
6.3	Resurssien riittävyys	30
7	Suosituks	32
7.1	Opiskelijamäärät	32
7.2	Ympäristötekniikan peruskoulutus	32
7.3	Ympäristötekniikan koulutuksen sisältö	33
7.4	Maisteriohjelmat	34
7.5	Tutkijakoulutus ja tutkimuksen painopisteet	34
8	Yhteenveto suosituksista	35
9	Lähteet	36
	Liitteet	37

1 Johdanto

1.1 Ympäristötekniikan määrittely

Ympäristöalan tärkeydestä vallitsee laaja yksimielisyys, mutta asia on aivan päinvastainen, kun yritetään määritellä, mitä ympäristötekniikalla tarkoitetaan. Perusongelma on, ettei ympäristötekniikka ole varsinaisesti oma osaamisalueensa, vaan erittäin poikkitieteellinen, soveltava tieteenala, joka pohjautuu perusluonnontieteisiin ja insinööriosamiseen. Tässä selvityksessä on pääpaino toimeksiannon mukaan ympäristötekniikassa, ensisijaisesti tekniikan alan mutta osaltaan myös luonnontieteen alan koulutuksena.

Ympäristötekniikan määrittelemiseksi ympäristöala voidaan jakaa ympäristötieteeseen ja ympäristötekniikkaan. TKK:n rehtori Matti Pursula määritteli vuoden 2004 avauspuheessaan tekniikkaa seuraavasti: "Tekniikka yleisesti on tiedon haara, joka käsittelee teknisten välineiden luomista ja käyttöä ja niiden vuorovaikutusta elämän, yhteiskunnan ja ympäristön kanssa ja jolla on yhteyksiä mm. teolliseen muotoiluun, insinööritaitoon sekä sovellettuun ja puhtaaseen tieteeseen". Ympäristötekniikan lähtökohtana on ensisijaisesti teknisiä järjestelmiä ja niiden käyttöä kehittämällä suojella ihmisten terveyttä ja ympäristöä.

Tämän selvityksen tarkoituksena on ympäristötekniikan yliopistokoulutustarpeen kartoitus. Tätä tarkoitusta varten ympäristötekniikka määriteltiin seuraavasti:

Ympäristötekniikalla tarkoitetaan teknologioita, joiden avulla päästöjen ja jätteiden muodostumista voidaan ehkäistä tai joiden avulla syntyneitä päästöjä ja jätteitä voidaan hallita ja niiden aiheuttamia haitallisia ympäristövaikutuksia voidaan pienentää.

Ympäristötekniikka voidaan vielä jakaa erityiseen tai suppeaan ympäristötekniikkaan ja laajaan ympäristötekniikkaan. Suppea ympäristötekniikka käsittelee päästöjen hallinnan ja käsittelyn sekä ympäristön kunnostuksen teknisiä järjestelmiä ja niiden käyttöä. Suppeaan ympäristötekniikkaan kuuluvat mm. ilmansuojelun, vesihuollon ja jätehuollon järjestelmät. Laaja ympäristötekniikka käsittelee kaikkia teknisiä järjestelmiä, joiden avulla voidaan vaikuttaa ympäristöominaisuuksiin. Laajasta ympäristötekniikasta käytetään esimerkiksi myös nimitystä ympäristömyötäinen tekniikka. Laajaan ympäristötekniikkaan kuuluvat esim. prosessien ja tuotteiden, rakentamisen ja logististen järjestelmien aiheuttamien ympäristökuormitusten vähentäminen.

1.2 Selvityksen teosta

Ympäristötekniikan yliopistokoulutusta ja -tutkimusta käsittelevä kysely lähetettiin niille yliopistoille, jotka olivat OPM:lle ilmoittaneet tähän halukkuutensa. Kyselyyn vastasivat seuraavat yksiköt:

Jyväskylän yliopisto

Matemaattis-luonnontieteellinen tiedekunta

- bio- ja ympäristötieteiden laitos, ympäristötieteiden osasto

Oulun yliopisto

Teknillinen tiedekunta/prosessitekniikan osasto

- bioprosessitekniikka
- kemiallinen prosessitekniikka
- lämpö- ja diffuusioteknikka
- prosessimetallurgia
- systeemitekniikka
- säätötekniikka
- teollisuuden ympäristötekniikan yksikkö
- vesi- ja ympäristötekniikka

Kuopion yliopisto

Luonnontieteiden ja ympäristötieteiden tiedekunta

- ympäristötieteiden laitos ja ympäristöfysiikka sovelletun fysiikan laitokselta

Turun yliopisto

Matemaattisluonnontieteellinen tiedekunta

- geologia

Åbo Akademi

Kemiallisteknillinen tiedekunta

- prosessitekniikka

Vaasan Yliopisto

Teknillinen tiedekunta

- Sähkötekniikan ja tuotantotalouden laitos, tuotantotalouden oppiaine

Teknillinen korkeakoulu

Rakennus- ja ympäristötekniikan osasto

- ympäristönsuojelu
- vesitalous- ja vesirakennus

- vesihuoltotekniikka
 - geoympäristötekniikka
- Kemian tekniikan osasto
- laitetekniikka ja tehdassuunnittelu
- Puunjalostustekniikan osasto
- prosessiteollisuuden ympäristötekniikka
- Konetekniikan osasto
- energia- ja lvi-tekniikka

Tampereen teknillinen yliopisto

Ympäristötekniikan osasto

- energia- ja prosessitekniikka
- kemia
- paperinjalostustekniikka
- energia- ja prosessitekniikka
- vesi- ja jätehuoltotekniikka, ympäristöbiotekniikka
- sähkötekniikka ja terveys- laboratorio

Tuotantotalouden osasto (toisena ympäristötekniikka)

- turvallisuustekniikka

Lappeenrannan teknillinen yliopisto

Energia- ja ympäristötekniikan osasto

- ympäristötekniikan laitos

Selvityksellä kysyttiin tietoja yliopistojen ympäristötekniikan koulutusmääristä, resursseista, opetus- ja tutkimustoiminnasta. Kyselyyn sisältyi myös SWOT-analyysi ja arviointi resurssien riittävydestä. Vastaajilla oli myös mahdollisuus kommentoida selvitysmiesten toimeksianto- ja käyttöä asiaa ja käytettyä alan määrittelyä. Kyselyn tuloksia esitellään tekstissä ja liitteinä, kyselylomake on liitteenä 1.

Kysely ei laajuudestaan huolimatta todennäköisesti kattanut kaikkea yliopistojen ympäristötekniikan opetusta ja tutkimusta. Toisaalta kaikki, mitä vastauksissa on mukana, ei ole ympäristötekniikkaa.

Selvityksen tekoon liittyen selvitysmiehet järjestivät 16.2.2005 seminaarin, jossa käsiteltiin ympäristötekniikan yliopistokoulutusta ja -tutkimusta. Seminaariin osallistui noin 30 alan opettajaa, tutkijaa ja alan elinkeinoelämän sekä hallinnon edustajaa. Seminaarin ohjelma on liitteenä 2.

Selvitysmiehet ovat työnsä aikana vierailleet Kuopion yliopistossa, minne oli kutsuttu myös Oulun yliopiston ja Lappeenrannan teknillisen yliopiston edustajia. Selvitysmiehet ovat lisäksi tavanneet alan asiantuntijoita opetusministeriössä, kauppa- ja teollisuusministeriössä, ympäristöministeriössä, Tekes:ssä ja Elinkeinoelämän Keskusliitossa.

2 Ympäristötekniikan yhteiskunnallinen merkitys

Ympäristömyönteisyys on nykyisin itsestäänselvyys niin teollisuuden, poliitikkojen kuin yksityisten kansalaisten piirissä. Ympäristöasioiden painotusta ei kukaan enää periaatteessakaan vastusta. Nykyisen hallituksen hallitusohjelmassakin sanotaan hallituksen politiikan "nojaavan taloudellisesti, sosiaalisesti ja ekologisesti kestäväan kehitykseen, mikä merkitsee tuotannollisen toiminnan, taloudellisen kasvun ja ympäristönäkökohtien tasapainoista yhteensovittamista." [2] Käsite *kestävä kehitys* määriteltiin jo vuonna 1987 ns. Brundtlandin komissiossa seuraavasti [3]: "Sustainable development meets the needs of the present without compromising the ability of future generations to meet their own needs".

Sopimuksessa Euroopan perustuslaista todetaan, että Unionin ympäristöpolitiikalla myötävaikutetaan seuraavien tavoitteiden saavuttamiseen [4]:

- ympäristön laadun säilyttäminen, suojelu ja parantaminen:
- ihmisten terveyden suojelu;
- luonnonvarojen harkittu ja järkevä käyttö;
- sellaisten toimenpiteiden edistäminen kansainvälisellä tasolla, joilla puututaan alueellisiin tai maailmanlaajuisiin ympäristöongelmiin.

Ympäristökysymysten käsittely ei siis rajoitu vain Euroopan alueelle, vaan ne ovat maailmanlaajuisia. Hyvänä esimerkkinä tästä ovat YK:n monet ympäristökonferenssit ja 16.2.2005 monien vaiheiden jälkeen voimaan tullut ns. Kioton ilmastopöimys [5]. Vuonna 1997 solmitun sopimuksen mukaan teollisuusmaiden tulee vuosien 2008–2012 välisenä aikana vähentää kasvihuonekaasujen päästöjä 5 %:lla verrattuna vuoden 1990 päästötasoon. Ilmaston lämpenemisen pysäyttämisen kannalta leikkaus ei ole riittävä, mikä on herättänyt paljon arvostelua. Vaikka sopimus on vaillinainen, pidetään sitä kuitenkin tärkeänä edistysaskeleena oikeaan suuntaan.

Syksyllä 2004 ilmestyneen raportin Osaava, avautuva ja uudistuva Suomi [6] johtopäätöksissä käsitellään kysymystä, millainen tuotanto ja työ Suomessa menestyy, toisin sanoen, millaiset yritykset ja toimialat menestyvät globaalissa kilpailussa. Ympäristöklusteri (ympäristöteknologia) mainitaan yhtenä näistä toimialoista. Raportissa todetaan, että ympäristöä koskevien säädösten kehittyminen, markkinaimu sekä ihmisten arvot ja asenteet tulevat

vahvistamaan ympäristöklusterin merkitystä ja ympäristöteknologioihin perustuvien liiketoimintojen mahdollisuuksia. Tällaisia liiketoimintoja ovat mm. puhdas ympäristö, puhdas energia ja ilmastomuutoksen hillintä, puhdas vesi, ympäristömyönteiset prosessit, puhdas elintarvikeketju sekä ympäristön mittaus- ja diagnosointipalvelut. Liiketoimintamahdollisuudet perustuvat hyvinkin vahvasti teknologiaan ja teknologiseen osaamiseen, mutta liiketoimintakonsepti muodostuu usein kokonaispalvelusta.

Kestävä kehitys on tärkeä periaate teollisuuden piirissä. Esimerkiksi kemianteollisuuden piirissä syntyi jo 1980-luvulla ns. Vastuu huomisesta (Responsible care) -ohjelma, jonka tavoitteena on yhteiskunnallisesti ja luonnontieteellisesti kestävän kehityksen mukainen toiminta. Suomessakin yli 80 % kemianteollisuuden tuotannosta vastaavista yrityksistä on sitoutunut tähän ohjelmaan [7]. On arvioitu, että kemianteollisuuden investoinnista vuonna 2003 n. 10 % oli ympäristöinvestointeja.

Tilastokeskus selvitti ympäristöalan liikevaihtoa ja työllisyysvaikutuksia vuonna 1998 [8]. Sen mukaan varsinaisten ympäristötoimialojen liikevaihto/toimintatulot olivat noin 8 miljardia markkaa, josta vesi- ja viemärihuollon osuus oli noin 4,3 miljardia, jätehuollon 2,1 miljardia sekä romun ja jätteen tukkukaupan 1,3 miljardia markkaa. Varsinaisten ympäristöalojen välitön työllisyysvaikutus oli katsauksen mukaan noin 11 500 henkeä.

Tekes on tuoreessa strategiassaan [9] määritellyt ympäristöklusterin muodostuvan ympäristöteknologian, ympäristöpalvelun ja ympäristömyönteisen prosessiteknologian ratkaisuihin sekä joukosta energiaklusterin kanssa yhteisistä uusiutuvien energioiden ja energiansäästön ratkaisuntarjoajista. Näin määritellen Tekes arvioi ympäristöklusterin tuotannoksi Suomessa 6 miljardia euroa, josta vientiä on yli yksi miljardi euroa. Työllistäväksi vaikutukseksi arvioidaan Suomessa 25 000 henkeä.

Tekniikan Akateemisten Liiton TEK:n FuturEng -hankkeen loppuraportissa arvioidaan eri alojen teknologioiden merkitystä tulevaisuudessa. Ympäristöteknologiasta raportissa todetaan seuraavaa: "Ympäristöteknologian merkitys on huomattavasti kasvanut. Esimerkiksi kierrätykseen, jätehuoltoon ja ilmastomuutokseen liittyvät teknologiat ovat Suomessa globaalisti huippuluokkaa ja merkittävä vientituote. Lisäksi ympäristöteknologialla yhdistettynä muihin teknologioihin on merkittävä rooli" [10].

Edellä esitetyn lyhyen katsauksen perusteella voidaan jo todeta, että puhtaan elinympäristön arvo on yleisesti tiedostettu. Onkin varsin todennäköistä, että monilla eri toimialoilla toimivat yritykset voivat luoda itselleen kilpailuedun ennakoidessaan ympäristöön liittyvät kysymykset. Tosin vielä tällä hetkellä lainsäädännöllä on merkittävä rooli ympäristökysymyksiä ratkaistaessa.

3 Tulevaisuuden trendit

Ympäristöön liittyvät aiheet käsittelivät aluksi pääasiassa jätevesien puhdistusta. Tästä alue laajeni kaikkien päästöjen ja jätteiden käsittelyyn. Nyt painotus on teollisuusmaissa selvästi siirtynyt päästöjen ja jätteiden muodostumisen estämiseen ja vasta viimeisenä keinona pidetään niiden käsittelyä. Tämä on tietysti jatkossakin välttämätöntä, vaikka prosessikehityksen pitkántähtäimen tavoitteena ovat päästöttömät prosessit (ns. zero emission processes), jotka hyödyntävät myös uusiutuvia raaka-aineita ja energialähteitä. Lisäksi, vaikka tuotantoprosessit kyettäisiin kehittämään täysin päästöttömiksi, syntyy päästöjä ja jätteitä aina kuitenkin kulutuksen seurauksena.

Käymiemme keskustelujen perusteella voidaan tulevaisuuteen liittyvät ympäristökysymykset tiivistää kahteen osa-alueeseen:

- ilmastomuutoksen hillintä
- materiaalivirtojen hallinta.

Ilmastomuutoksen hillintä liittyy oleellisesti energian tuotantoon ja käyttöön. Tekesin 9.3.2005 julkistamassa strategiassa [9] todetaan, että nykyistä merkityksellisemmiksi muutosvoimaksi nousevat energiakysymykset ja ilmastomuutoksen torjunta. Avainasemassa ovat tällöin ekotehokkaat ja ympäristömyötäiset menetelmät. Energiaintensiivisiä teollisuuden aloja ovat erityisesti metsäteollisuus, kemianteollisuus ja metalliteollisuus. Energiaa säästävien tekniikoiden kehittäminen näillä aloilla onkin eräs tärkeä mahdollisuus energian kulutuksen kasvun hillinnässä. Vuoden 2002 kokonaisenergian kulutuksesta 50 % oli tuotettu ulkomaisista fossiilisista polttoaineista (öljytuotteet, hiili ja maakaasu) ja uusiutuvien energialähteiden (vesi, tuuli ja biomassa) osuus oli vajaa 25 %. Eräiden skenaarioiden mukaan jälkimmäisten osuus voisi nousta jopa lähes 40 %:iin kokonaiskulutuksesta vuonna 2030 [11]. Bioenergian, joka pääsiallisesti on peräisin puusta, hyödyntäminen kasvaa määrällisesti eniten. Tärkeän tutkimuksen panostusalueen Suomessa tulee olla biomassan konvertointiprosessien tehokkuuden parantaminen ja niistä saatavien tuotteiden puhdistaminen jatkokäsittelyihin soveltuviksi.

EU:n asettamien vaatimusten mukaan liikenteen polttoaineiden tulee vuonna 2010 sisältää 5,75 % uusiutuvia komponentteja. Lisäksi komissio on asettanut tavoitteeksi, että vuoteen 2020 mennessä 20 % tieliikenteen polttoaineista on korvattu uusiutuvilla komponenteilla [12]. Uusi mielenkiintoinen prosessi on Fortum Oil Oy:n (nykyisin Neste Oil Oy)

kehittämä NExBTL -prosessi, jossa kasviöljyt ja eläinrasvat konvertoidaan korkealaatuiseksi, ympäristöystävälliseksi dieselkomponentiksi. Uusia avauksia tarvitaan kuitenkin vielä lisää, koska biokomponenttien osuudeksi liikenteen polttoaineissa arvioitiin EU:ssa vuonna 2002 0,3 %:ksi.

Vetyä pidetään tulevaisuuden energialähteenä. Koska vety ei ole primäärienergian lähde, oleellinen kysymys on, mistä raaka-aineista se tuotetaan. Tämän vuoksi on tärkeää tarkastella koko tuotantoketjua. Parhaimmat vedyn kantajat ovat alifaattiset hiilivedyt, mutta ne sisältävät hiiltä, joka vapautuu hiilidioksidina. Vetyä voidaan valmistaa myös biomassasta, mutta näidenkin prosessien energiatehokkuutta tulisi vielä parantaa. Biomassan tuotanto hyödyntää aurinkoenergiaa, tosin alhaisella hyötysuhteella. Aurinkoenergian hyödyntämistä, joka globaalisesti on tulevaisuuden energialähde, Suomessa rajoittaa pohjoinen sijaintimme ja pitkä kaamosaikamme. [11]

Monet uusiutumattomat raaka-aineet niukentuvat enemmän tai myöhemmin niin paljon, ettei niiden laajamittainen nykymuotoinen käyttö ole enää mahdollista. Näihin lukeutuvat mm. fossiiliset lähtöaineet (raakaöljy, kivihiili ja maakaasu sekä myös turve), malmit ja mineraalit ja raakavesi, joista ensin mainitut liittyvät oleellisesti myös energian tuotantoon. Kaiken lisäksi sekä kemian teollisuus, joka tärkeät raaka-aineet ovat öljyjakeet ja maakaasu, että metalliteollisuus kuuluvat energiantensiivisen teollisuuden joukkoon. On ennustettu, että puhtaasta vedestä tulee vielä suurempi maailmanlaajuinen kysymys kuin öljystä. Tosin uusimman World Watch'n julkaiseman raportin mukaan vesikysymyksiä ratkaisusta löytyy hyviä esimerkkejä [13]. Puhtaalla vedellä on niin tärkeä merkitys koko ihmiskunnalle, että sen saannin turvaamisen tulee olla ensisijainen tavoite.

Päästöjä ja jätteitä valitettavasti tulee muodostumaan tulevaisuudessakin kaikista ponnisteluista huolimatta. Erityisesti kulutuksen kasvu ja tuotteiden käyttöä lyheneminen tuottavat yhä suurempia määriä jätteitä, vaikka itse tuotantoprosessit ovat parantuneet. Ympäristön pilaantuminen on nykyisin voimakkaimmin lisääntymässä niissä Aasian maissa, kuten Kiinassa ja Intiassa, joihin tuotantoa on siirretty halpojen tuotantokustannusten takia. Näissä maissa yleensä myös ympäristö-, turvallisuus- ja päästövaatimukset ovat lieviä tai valvonta tehotonta, mikä osaltaan alentaa tuotantokustannuksia, mutta samalla lisää ympäristökuormitusta.

Vallitseva muutosvoima on myös raaka-aineiden ja muiden luonnonvarojen kallistuminen, mikä pakottaa vähentämään energiankäyttöä, suosimaan kierrätystä ja kehittämään luonnonvaroja säästävää tuotantoteknologiaa [9].

Ympäristötekniikan merkitys tulee maailmanlaajuisesti edelleen kasvamaan huomattavasti. Elintason voimakas kohoaminen ja edelleen jatkuva väestönkasvu kehittyvissä ja kehitysmaissa tulevat siirtämään painopistettä kestäväen tuotannon ja kulutuksen suuntaan. Tästä huolimatta myös suppean ympäristötekniikan markkinat tulevat kasvamaan voimakkaasti, koska tuotantoprosessien ja kulutustapojen merkittävä muuttaminen kestää vuosikymmeniä.

4 Ympäristötekniikan koulutuksen nykytilanne

4.1 Yleistä

Ympäristötekniikan koulutuksen nykytilanteen arviointi perustuu pitkälti yliopistoille tehdyn kyselyn vastauksiin. Tietolähteinä on käytetty myös yliopistojen web-sivuja, opinto-oppaita ja vastaavia materiaaleja. Varsinaisen ympäristötekniikan koulutuksen lisäksi tässä luetellaan myös muuta ympäristöalaa liittyvää koulutusta.

Kyselyssä ympäristötekniikka määriteltiin kohdassa 1.1. esitetyllä tavalla. Kyselyvastauksissa pidettiin tätä määritelmää periaatteessa hyvänä joskin joidenkin mielestä hieman liian suppeana. Monet vastaajat myös tarkensivat sitä omaan suppeampaan erikoisalaansa. Muun muassa edellä mainituista määrittelyongelmista johtuen nykytilannekatsaus ei varmasti ole täydellinen.

4.2 Tekniikan alan koulutus (DI-koulutus)

Yliopistotasoinen ympäristötekniikan koulutus, kuten yliopistot ovat sen itse määritelleet, käsittää sisällöltään varsin monenlaista opetusta. DI-koulutusta annetaan tällä hetkellä Lappeenrannan teknillisessä yliopistossa (LTY), Oulun yliopiston teknillisessä tiedekunnassa (OY), Tampereen teknillisessä yliopistossa (TTY), Teknillisessä korkeakoulussa (TKK), Vaasan yliopistossa (VaY) ja Åbo Akademin kemiallisteknillisessä tiedekunnassa (ÅA).

Oulun yliopiston teknillisessä tiedekunnan prosessitekniikan osastossa on ympäristötekniikan koulutusohjelma, jossa ovat bioprosessitekniikan, teollisuuden ympäristötekniikan ja vesitekniikan opintosuunnat. Lisäksi ympäristötekniikkaa opetetaan prosessitekniikan koulutusohjelmassa, jossa on tuotantotekniikan ja prosessikehityksen sekä turvallisuus, ergonomia ja tehdaspalvelun opintosuunnat.

Oulun ja Kuopion yliopistoilla (KuY) oli yhteiset ympäristösuojelutekniikan ja ympäristöinformatiikan koulutusohjelmat, jotka johtivat DI-tutkintoon. Ohjelma ei enää jatketa. Siitä on valmistunut v. 2000-2004 KuY:n ilmoituksen mukaan kaikkiaan ympäristösuojelutekniikasta 13 ja ympäristöinformatiikasta 4 diplomi-insinööriä. (diplomityöt on ohjattu kokonaan tai pääosin KuY:n toimesta.)

Åbo Akademin kemiantekniikan prosessitekniikan koulutusohjelman eri suuntautumisvaihtoehtoissa annetaan runsaasti ympäristötekniikan ja siihen läheisesti liittyvää opetusta.

Teknillisessä korkeakoulussa alaan liittyvää opetusta on monella osastolla, mutta varsinaista ympäristötekniikan koulutusohjelmaa ei ole. Rakennus- ja ympäristötekniikan osastolla ympäristötekniikkaa voi opiskella yhdyskunta- ja ympäristötekniikan opintosuunnan useissa pääaineissa, kuten ympäristönsuojelu, vesihuoltotekniikka sekä ympäristöstrategiat ja teknologian arviointi. Uutuutena on materiaalitekniikan osastolta siirretty geoympäristötekniikka. Kemian tekniikan koulutusohjelmassa on runsaasti yksittäisiä ympäristötekniikkaan liittyviä kursseja. Konetekniikan osastolla energia- ja LVI-tekniikan opintosuunnassa ovat pääaineina energiatekniikka ja ympäristönsuojelu sekä puhdas prosessiteknologia, energiatekniikka. Puunjalostustekniikan koulutusohjelmassa, kemiallisen puunjalostuksen ja paperitekniikan opintosuunnassa on mahdollista valita pääaineeksi prosessiteollisuuden ympäristötekniikka. Tuotantotalouden koulutusohjelmassa, liiketoiminnan kehittämisen ja johtamisen opintosuunnassa on ympäristöjohtaminen ja vastuullinen liiketoiminta yhtenä pääaineena. Ympäristöoikeus on pääaineena kiinteistötalouden koulutusohjelman kiinteistötekniikan ja -oikeuden opintosuunnassa.

Tampereen teknillisessä yliopistossa on ympäristötekniikan osastossa ympäristö- ja energiatekniikan koulutusohjelma. Ympäristötekniikan opintosuunnan pääaineita ovat mm. vesi- ja jätehuoltotekniikka sekä ympäristöbiotekniikka, energiatekniikan opintosuunnan pääaineita ovat mm. paperinjalostustekniikka sekä voimalaitos- ja polttotekniikka. Yhteisiä ympäristötekniikkaan liittyviä laboratorioita ovat sähkö- ja terveys (sähköosaston kanssa) sekä turvallisuustekniikka (tuotantotalouden osaston kanssa).

Lappeenrannan teknillisessä yliopistossa on ympäristötekniikan koulutusohjelma, pääaineina ovat ympäristöteknologia, ympäristöjohtaminen ja vastuullinen liiketoiminta sekä talotekniikka.

Koulutusohjelmassa on myös "ympäristöyliopisto" -niminen opintosuunta. Tämä on yhteistyöohjelma yhdessä KuY:n ja Joensuun yliopiston kanssa. Siihen sisältyy osioita kaikista kolmesta yliopistosta, mutta tutkinnon anto-oikeus on nykyään LTY:llä. Ympäristötekniikkaan liittyvää opetusta annetaan myös kemiantekniikan koulutusohjelmassa.

Vaasan yliopistossa annetaan tuotantotalouden DI-koulutukseen liittyvää ympäristötekniikan opetusta.

4.3 Muu ympäristöalan koulutus (luonnontieteen FM ja MMM)

Helsingin yliopistossa pääaine "ympäristötieteet" aloitti toimintansa 1.1.2004, kun ympäristöbiologia ja ympäristönsuojelutiede yhdistyivät. Samalla oppiaineet siirtyivät uuteen Biotieteelliseen tiedekuntaan, osaksi bio- ja ympäristötieteiden laitosta. Ympäristöbiologia oli Matemaattis- luonnontieteellisessä tiedekunnassa ja ympäristönsuojelutiede Maatalous-metsätieteellisessä tiedekunnassa. Maatalous-metsätieteellisen tiedekunnan taloustieteen laitoksella annetaan opetusta ympäristöekonomian pääaineessa, mikä tutkii taloudellisen toiminnan ja ympäristön välistä vuorovaikutussuhdetta, luonnonvarojen käyttöä ja ympäristön suojelua.

Jyväskylän yliopiston matemaattis-luonnontieteellisen tiedekunnan bio- ja ympäristötieteiden laitoksen pääainevaihtoehdot ovat biologia (aineenopettajien pääaine), biotekniikka, ekologia ja ympäristöhoito, evoluutiogenetiikka, kalabiologia ja kalatalous, kemiallinen biologia, limnologia ja hydrobiologia, molekyylibiologia, solubiologia ja ympäristötieteet. Ympäristötieteiden opiskelija voi valita syventävien opintojensa linjaksi joko ympäristöanalytiikan ja ekotoksikologian, ympäristöteknologian tai ympäristövaikutusten arvioimisen ja hallinnan. Laitoksella voi lisäksi opiskella sivuaineena biokemialla.

Yliopisto on esittänyt koulutuksen muuttamista osittain DI-tutkintoon johtavaksi, yksi pääaineista olisi ympäristötekniikka.

Taloustieteellisessä tiedekunnassa on yritysten ympäristöjohtamisen maisteriohjelma. Yritysten ympäristöjohtamisen tutkinto pohjautuu taloustieteellisiin aineisiin, minkä lisäksi opiskelijoille kuuluu opintoihin pakollisena sivuaineena ympäristötieteen perusopinnot.

Jyväskylän yliopistossa käynnistyi 1.1.2003 Länsi-Suomen lääninhallituksen myöntämän EU:n rakennerahastojen ESR ja EAKR sekä Jyväskylän Teknologiakeskuksen, kuntien ja yritysten tuella Uusiutuvan energian koulutus- ja tutkimusohjelma. Hankkeessa tehdään ylimaakunnallista yhteistyötä Vaasan yliopiston kanssa. Hanke nojaa vahvasti matemaattis-luonnontieteellisen tiedekunnan antamaan koulutukseen ja tutkimukseen. Ohjelmassa voi valmistua ja jatko-opiskella niin fysiikan, kemian, ympäristötieteiden ja sosioekonomisten tieteiden kuin myös teknillisten ja ammattikorkeakoulujen taustatiedoilla varustettu henkilö. Uusiutuvien energiamuotojen käyttöönottoon ja tutkimukseen liittyvä problematiikka on monitieteistä ja siis vaatii monen erityyppisen osaajan yhteistyötä.

Kuopion yliopistossa on perinteisesti ollut runsaasti ympäristöön liittyvää opetusta ja tutkimusta. Yliopiston suunnitelmien mukaan ensi lukukauden alussa luonnontieteiden ja ympäristötieteiden tiedekunnassa aloittaa uusi teknis-luonnontieteellinen koulutusohjelma. Yksi neljästä pääaineesta on ympäristötekniikka. Kuopion yliopistossa ja ympäristössä on vahva tavoite saada tämän uuden tiedekunnan koulutus myös DI-tutkintoon johtavaksi.

Turun yliopistossa ympäristötekniikkaan liittyvää opetusta annetaan hyvin hajanaisesti ja vähän. Ympäristötekniikan opetusta on geologian koulutusohjelmassa. Lisäksi ympäristötieteessä (biologian laitos) on yksi kurssi, jossa käsitellään ympäristötekniikkaa.

Matemaattis-luonnontieteellisessä tiedekunnassa on syyslukukaudesta 2000 alkaen mahdollista suorittaa filosofian maisterin tutkinto ympäristötieteisiin erikoistumalla

Joensuun yliopistossa voi hallintotieteen kandidaatin ja maisterin tutkintoon valita pääaineeksi ympäristöoikeuden. JoY:n suunnitelmissa on vahvistaa ympäristöalan perusopetusta. Ensi syksystä lähtien siellä voi opiskella pääaineena ympäristöpolitiikkaa ja ympäristöoikeutta.

4.4 Täydennyskoulutus, maisteriohjelmat ja muu koulutus

Mikkelin yliopistokeskuksessa on vireillä Eco-Business - Kestävän liiketoiminnan maisteriohjelma, joka on Helsingin kauppakorkeakoulun ja Helsingin yliopiston yhteistyössä toteutettava monitieteinen koulutuskokonaisuus. Helsingin kauppakorkeakoulun opiskelijat valmistuvat ohjelmasta kauppatieteiden maistereiksi. Helsingin yliopiston opiskelijat valmistuvat maatalous-metsätieteiden tai filosofian maistereiksi käyttäen ohjelmaa erikoistumismahdollisuutena.

Kuopion yliopiston ympäristötieteiden laitoksella on Mikkeliissä soveltavan ympäristökemian laboratorio (perustettu 2004) yhteistyökumppaneinaan Mikkelin ammattikorkeakoulu, Mikkelin yliopistokeskus ja paikalliset yritykset. Varkaudessa on prosessi- ja elinkaarinformatiikan tutkimusyksikkö (perustettu 2004), jonka tärkeimmät yhteistyökumppanit ovat LTY, JoY, Varkauden kaupunki ja paikalliset yritykset.

TKK:n Lahden keskuksessa on ympäristö- ja laatujohtamisen professuuri ja keskus järjestää täydennyskoulutuksena ympäristöjohtamiseen liittyviä kursseja. Keskuksen suunnitelmissa on aloittaa täysimittainen jätehuoltoon keskittyvä maisteriohjelma.

LTY on aloittamassa kaksivuotista englanninkielistä "Bioenergy Technology" -maisteri-

ohjelmaa yhdessä Joensuun yliopiston kanssa. Vuosittaiseksi aloittajien määräksi on suunniteltu 30. Ensimmäinen vuosi opiskellaan LTY:ssä ja toisena vuonna osa jatkaa Lappeenrannassa DI-tutkintoon ja toinen osa Joensuussa MMM-tutkintoon.

Itä-Suomen virtuaaliyliopistossa on hanke, jossa Lappeenrannan teknillisen yliopiston ympäristötekniikan laboratorio, Joensuun yliopiston biologian laitoksen ja oikeustieteiden laitoksen ympäristöoikeuden opetuskokonaisuus ja Kuopion yliopiston ympäristötieteen koulutusohjelma toteuttavat yhdessä diplomi-insinöörin tutkintoon tähtäävän ympäristötekniikan koulutusohjelman. Tällä hetkellä toiminta on etupäässä opetusmateriaalin viemistä internetiin. Se palvelee lähinnä em. LTY:n ympäristöyliopiston opiskelijoita.

4.5 Ammattikorkeakoulut

Ympäristötekniikan koulutusohjelma on Hämeen, Lahden, Mikkelin, Pohjois-Karjalan, Pohjois-Savon ja Vaasan ammattikorkeakouluissa. Svenska yrkeshögskolanissa on vastaava ruotsinkielinen koulutusohjelma UP för miljöteknik. Satakunnan ja Tampereen ammattikorkeakouluissa on englanninkielinen Degree Programme in Environmental Engineering.

4.6 Koulutuksen määrällistä tarkastelua

Valinnat

Tekniikan alalla ympäristötekniikan nimellä koulutusohjelmia on Oulussa, Tampereella ja Lappeenrannassa. Vuosina 2000–2004 niihin ensisijaisesti hakeneet ja hyväksytyt ovat seuraavassa taulukossa.

Taulukko 1. Ympäristötekniikan opiskelijavalinnat vv. 2000–2004

	2000		2001		2002		2003		2004	
	1.sijaiset hakem.	hyväk- sytyt	1.sij. hakem.	hyväk- sytyt	1.sij. hakem.	hyväk- sytyt	1.sij. hakem.	hyväk- sytyt	1.sij. hakem.	hyväk- sytyt
TTY	111	46	125	47	96	54	100	47	97	33
LTY	24	20	49	26	29	28	38	30	25	26
OY	41	51	56	51	70	40	43	49	55	51
<i>yht</i>	176	117	230	124	195	122	181	126	177	110

Yhteisvalintatilastojen mukaan ympäristötekniikka on TTY:ssa erittäin haluttu opiskelukohde kaikkien hakijoiden joukossa; hakijoita on oleellisesti enemmän kuin hyväksyttyjä. Sen sijaan sekä LTY:ssa että OY:ssa joinakin vuosina ensisijaishakijoita on ollut vähemmän kuin hyväksyttyjä. Todettakoon kuitenkin, että sekä LTY:ssa että OY:ssa ympäristötekniikka on suosittu kohde yliopiston sisällä. Liitteessä 3 on tarkempia tietoja vuoden 2004 valinnoista. Taulukosta voidaan vetää sama johtopäätös kuin edellä: TTY:n ympäristötekniikkaan hyväksyttyjen alkupisteet ovat korkeat. Sen sijaan sekä LTY:ssä ja OY:ssa vastaavat pisteet ovat varsin alhaiset, joka heijastanee myös opiskelijoiden tasoa.

Valmistuneet

Tilastokeskus tilastoi ympäristötekniikan opiskelijoita ja valmistuneita diplomi-insinöörejä, jotka ovat valmistuneet Oulun yliopistosta sekä Tampereen ja Lappeenrannan teknillisistä yliopistoista. Ympäristötieteen maistereita valmistuu Jyväskylän ja Kuopion yliopistoista ja muutama Helsingistäkin. Ympäristöalan maatalous-metsätieteen kandidaatteja on valmistunut Helsingin yliopistosta.

Taulukko 2. Ympäristöalan perustutkinnot Tilastokeskuksen mukaan (TK/sijoittumispalvelu)

Ympäristötekniikka, DI	1999	2000	2001	2002	2003
LTY				2	8
OY			2	10	27
TTY	44	40	36	35	39
<i>DI-yhteensä</i>	44	40	38	47	74
Ympäristötiede, FM					
HY	3	1	3	1	7
JY	35	30	29	24	30
KuY	27	33	24	24	18
<i>FM-yhteensä</i>	65	64	56	49	55
Ympäristöala, MMM					
HY	36	37	35	33	40
<i>Kaikki yhteensä</i>	145	141	129	129	169

Tekniikan alalla ympäristötekniikan koulutusohjelma on uutta Oulussa ja Lappeenrannassa. Tampereella koulutusmäärät ovat vakiintuneet jo muutamia vuosia sitten. Ympäristötieteen (luonnontieteen ala) koulutusmäärät ovat olleet suhteellisen vakaita 2000-luvun alkuvuosina. Samoin kuin maatalous-metsätieteellisessä koulutuksessa.

Tämän selvitystyön yhteydessä tehtyyn kyselyyn saatiin vastauksia DI-koulutusta koskien yllämainittujen LTY:n, OY:n ja TTY:n lisäksi myös TKK:lta, ÅA:lta ja VaY:lta. Nämä luvut poikkeavat merkittävästi edellä esitetyistä. Tilastokeskuksen kirjaa vain ympäristötekniikan koulutusohjelmasta valmistuneet ja kyselyvastauksissa ovat mukana ilmeisesti kaikki, jotka ovat tehneet edes jollakin tavoin ympäristötekniikkaan liittyvän diplomityön. Tätäkin tulkitaan eri yliopistoissa eri tavoin. Esim. Åbo Akademin valmistuneista diplomi-insinööreistä lähes neljännes näyttäisi olevan vastauksen mukaan ympäristötekniikasta.

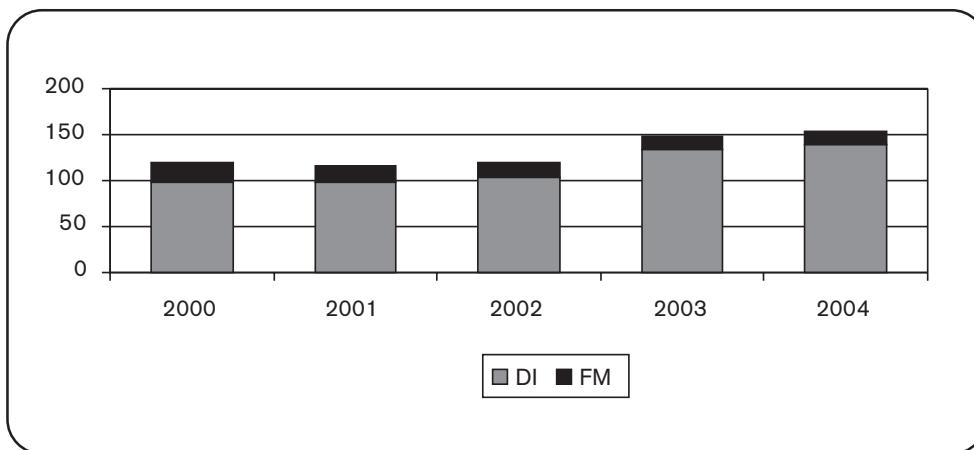
Taulukko 3. Tekniikan alalta valmistuneet ympäristötekniikan diplomi-insinöörit 2000–2004 tehdyn kyselyn mukaan.

	2 000	2 001	2 002	2 003	2 004
LTY	12	14	18	21	23
OY	8	8	17	35	39
TTY	37	36	28	35	38
TKK	32	28	27	30	26
ÅA	10	11	13	13	12
VaY		2	1		1
<i>yht.</i>	99	99	104	134	139

Ympäristötieteen maisterikoulutuksessa ympäristötekniikasta valmistuneiden määrät olivat taas puolestaan paljon pienemmät kyselyvastausten kuin Tilastokeskuksen mukaan. Tämä johtunee kuitenkin samasta syystä kuin tekniikankin puolella eli on ilmoitettu ne valmistuneet FM:t jotka ovat tehneet progradu-työnsä ympäristötekniikkaan liittyvästä aiheesta.

Taulukko 4. Luonnontieteen alalta valmistuneet ympäristötekniikan filosofian maisterit vv. 2000–2004 tehdyn kyselyn mukaan

	2000	2001	2002	2003	2004
JY	8	7	6	7	6
KuY	11	9	9	7	8
TuY	2	1	0	0	0
<i>yht.</i>	21	17	15	14	14



Kaavio 1. Ympäristötekniikasta (DI) ja ympäristötieteestä (FM) valmistuneet vv. 2000–2004 tehdyn kyselyn mukaan.

Tehdyssä kyselyssä saatiin nimi- ja tekijätiedot yhteensä 189 diplomi- ja progradu-työstä. Töiden nimien ja vastaajien itse tekemien arvioiden perusteella työt jaoteltiin suppean ympäristötekniikan piiriin kuuluviin, laajan ympäristötekniikan piiriin kuuluviin, ympäristötieteen alaan kuuluviin sekä määritelmän ulkopuolelle kuuluviin töihin. Suppean ympäristötekniikan piiriin luokitellut työt jaoteltiin vielä aiheen mukaan vesihuoltoon, jätehuoltoon, pilaantuneiden maiden käsittelyyn ja ilmanpuhdistustekniikkaan kuuluviin töihin.

Taulukko 5. Diplomi- ja progradu-töiden (2000–2004) jakaantuminen laajaan ja aiheittain suppeaan ympäristötekniikkaan.

	Suppea ympäristötekniikka (%)					Laaja ymp.tekn. (%)	Ymp. tiede (%)	Muu (%)
	Yht.	Vesi-huolto	Jäte-huolto	Pilaant. maat	Ilman puhd.			
diplomityöt	45	23	15	5	2	36	11	8
progradu-työt	38	10	18	10	-	38	19	5
<i>Kaikki yhteensä</i>	44	21	16	5	2	37	12	7

Taulukosta voidaan todeta mm., että lähes puolet opinnäytetöistä käsitteli ympäristötekniikkaa nimenomaan käytetyn määritelmän suppeassa merkityksessä ja yli kolmannes liittyi ympäristötekniikkaan sen laajassa merkityksessä.

Ammattikorkeakoulut

Ammattikorkeakouluista valmistui tilastokeskuksen (sijoittumispalvelu) ympäristötekniikan insinöörejä muutamana viime vuonna seuraavasti:

Taulukko 6. Ammattikorkeakouluista valmistuneet ympäristötekniikan insinöörit vv. 1999–2002 (Tilastokeskus)

1999	2000	2001	2002
111	177	167	205

4.7 Esimerkkejä ympäristötekniikan koulutuksesta muissa Euroopan maissa

Ympäristötekniikan yliopisto-opetuksen järjestämistapa vaihtelee hyvin paljon maasta ja yliopistosta toiseen. Mitään yleisesti käytössä olevaa tai yhtenäistä järjestämistapaa ei Euroopassa ole. Seuraavassa on kuvattu kolme erilaista tapaa koulutuksen järjestämiseksi esimerkkeinä Eidgenössische Technische Hochschule Zürich (ETHZ) [14], Technische Universität Berlin (TU-Berlin) [15] ja Chalmers tekniska högskola, Göteborg (Chalmers) [16].

ETHZ edustaa mallia, jossa varsinaisen ympäristötekniikan opetus on järjestetty suppeana sisältäen vain vesihuollon, materiaalihallinnan ja jätehuollon sekä vesitalouden. Tämän lisäksi ETHZ:ssa on laaja ympäristötieteen osasto, jonka syventymiskohteina/pääaineina ovat mm. ilmakehä ja ilmasto, vesiensuojelu ja vesiteknologia, maaperäekologia, kasvitiede ja ihminen-ympäristö systeemit. Lisäksi ympäristötieteen osastolla on itsenäisiä professuureja mm. kokeellisen ekologia, metsänsuojelun ja dendrologian, molekyyli lääketieteen sekä luonnon- ja maisemansuojelun aloilla.

TU-Berlin:n mallissa ympäristötekniikan opetus on keskitetty ympäristötekniikan instituuttiin, jonka opetus- ja tutkimusalueisiin kuuluu sekä suppeaan että laajaan ympäristötekniikkaan sisältyviä aiheita. Instituutin syventymiskohteita/pääaineita ovat jätehuolto-tekniikka, vesihuoltotekniikka, ympäristömikrobiologia, elinkaariarviointi, ympäristökemia, ilman laadun hallinta, veden laadun hallinta sekä hygienia.

Chalmers:ssa puolestaan ei ole varsinaista ympäristötekniikan osastoa tai laitosta lainkaan, vaan ympäristötekniikan opetus on hajautunut eri osastoille. Osa professoreista on erikoistunut ympäristökysymyksiin ja heille yhteiseksi foorumiksi on muodostettu eräänlainen virtuaalinen osasto – Chalmers Environmental Initiative Professors (CEI). CEI-alueeseen kuuluu pelkästään laajaan ympäristötekniikkaan sisältyviä aiheita, kuten teollinen ekologia, vihreä kemia, kestävät energiajärjestelmät, kestävä yhdyskuntasuunnittelu, globaalit ympäristömittaustekniikat, ympäristösysteemitekniologia ja ympäristöjohtaminen.

4.8 Kouluttajien arviot tarvittavista koulutusmääristä

Kyselyssä pyydettiin vastaajien arvioita koulutuksen määrällisestä tarpeesta vuoteen 2012 asti sekä valtakunnallisesti että omassa yliopistossa. Seuraavassa on vastausten tiivistelmät yliopistoittain.

JY

Ympäristötekniikan osaajien tarve kasvaa yhteiskunnassa niin kotimaisissa kuin ulkomaisissakin tehtävissä. Tarvetta tulee olemaan erityisesti laajasti ympäristötehtäviä hallitseville osaajille, jotka kykenevät osallistumaan monenlaisten tehtävien toteuttamiseen. Koulutuksen sisällöstä ja laadusta riippuen työmarkkinoilla voi olla huomattavastikin tilaa itse työpaikkansa luoville osaajille. Toisaalta kovin kapea koulutus voi johtaa huonoon työllistymiseen ja alan kehityksen kuihtumiseen. Jyväskylässä vuosittainen tavoite on vähintään 5–10 kotimaista maisteria sekä mahdollisesti 5–10 DI:tä ympäristötekniikasta (ympäristötiede ja -teknologia). Erityisesti jälkimmäisissä koulutuksessa painotetaan liiketaloudellista osaamista. Jatkossa 20–30 % näistä on ulkomaisia. Ympäristötekniikan koulutuksen profilointi ja keskitetty kokoaminen yliopistossa (mm. kemia, fysiikka, IT ja taloustieteet) voi kasvattaa opettajamäärän n. 2- ja opiskelijamäärät 2–3 kertaiseksi. Kaksivaiheisen tutkinnon odotetaan lisäävän opiskelijoiden liikkuvuutta, ts. ympäristöalalle tullaan aiempaa erilaisemmillä taustoilla.

OY

Valtakunnallisesti ympäristötekniikan alan osaajia (DI:t ja tohtorit) koulutetaan tarpeeksi. Koulutukseen tulee saada dynamiikkaa: hyvät kemiantekniikkaan, prosessitekniikkaan ja yhdyskuntatekniikkaan liittyvät pohjatiedot, joiden päälle rakennetaan ympäristötekniikan osaaminen siten, että kulloisetkin teollisuuden ja yhteiskunnan tarpeet huomioituvat. Lisäksi on kiinnitettävä huomiota monitieteellisen osaamisen ja yhteistyön opettamiseen.

KuY

Aerosolitekniikan osalta vuosittain 10, joista 5–6 KuY:sta. Sisäilmasovellusten osalta vuosittain 5–7, joista 3–4 vuodessa KuY:sta. Ympäristöinformatiikassa 5 vuodessa (Suomessa on ympäristöinformatiikan koulutusta vain KuY:ssa). Muu ympäristötekniikka (esim. erikoistuminen meluun, maaperätekniikkaan, bioenergiaan) vuosittain 7–10, joista 2–3 KuY:sta. Koulutustarpeet voivat olla suurempiakin johtuen suurten ikäluokkien eläköitymisestä ja edellä mainittujen alojen voimakkaan kehittymistä lähivuosien aikana.

TuY

Tarve tulee lisääntymään sekä valtakunnallisesti että omassa yliopistossa

VaY

Alalla tulee olemaan niin omassa yliopistossa ja sen vaikutusalueella kuin Suomessa laajemminkin merkittävää kysynnän kasvua, joka olisi pystyttävä asiallisesti tyydyttämään.

TKK

Vesitalouden ja vesirakennuksen kannalta valtakunnallinen tarve on noin 10 diplomi-insinööriä vuosittain.

Vesi- ja jätehuollon ja vastaavien tekniikoiden kannalta valtakunnallinen tarve on vesihuollossa 10–15 diplomi-insinööriä vuosittain, jätehuollossa tarve lieenee samaa luokkaa.

Geoympäristötekniikan osuus 4 diplomityötä ja 1 väitöskirja vuodessa

Kemian laitetekniikan mielestä puhtaan ympäristötekniikan koulutusta ei kannata lisätä. Opetus tulisi niveltä jonkin teknisen alan opetukseen.

Koneosaston energia ja lvi-tekniikan laboratorio kertoo, että TKK:ssa on kolme professuuria jotka ovat erikoistuneet ympäristöhallintoon ja vain kolme jotka ovat erikoistuneet ympäristötekniikkaan. Tulevaisuudessa tarvitaan teollisuudessa enemmän ympäristötekniikkoja kuin byrokraatteja.

TTY

Energia- ja paperitekniikan laboratorioiden mielestä nykyiset koulutusmäärät ovat riittäviä valtakunnallisesti.

Vesi- ja jätehuoltotekniikka, ympäristöbiotekniikka kommentoi teemaa tarkemmin:

"Yliopistotasolla ympäristötekniikkaa voidaan tarkastella tutkimukseen ja asiantuntijatehtäviin erikoistavana, ja toisaalta läpäisyperiaatteella muihin tekniikan aloihin integroituna koulutuksena. Tälle lähtökohdalle on myös TTY:n ympäristö- ja energiatekniikan koulutusohjelma rakennettu sekä osallistuvien laitosten muodostavana osastona että tutkintosisältöinä pää- ja sivuaineineen. Erikoistava koulutus (vesi- ja jätehuolto sekä ympäristöbiotekniikka) valtakunnallisesti ja siten omassa yliopistossammekin näyttää riittävältä. Sen sijaan ympäristötekniikan läpäisyperiaatteen mukaista koulutusta, joka on rationaalinen tapa tyydyttää ympäristötekniikan osaamistarvetta esimerkiksi energiasektorilla sekä erilaisilla tuotanto- ja palvelusektoreilla, on tarve voimistua. Monien alojen ympäristötekniisten haasteiden ratkaisemisessa perustana tulee olla oman alan hyvä tunteminen, varsinkin kun esimerkiksi teollisuudessa haetaan itse tuotantoprosesseihin perustuvia tai niihin välittömästi integroitavia ratkaisuja. Erityiskysymyksinä haluamme tuoda esille vesi(stö)rakentamisen (satamat, padot, sillat, kanavavat ja vedenalaiset rakenteet), jossa ilmeisesti on tulossa pula suomalaisista erityisosaajista, sekä tarpeen lisätä ympäristönäkökulmaisesti erikoistuneita geotekniikan asiantuntijoita.

LTJ

Tällä hetkellä Lappeenrannan teknillisen yliopiston kirjoilla on ympäristötekniikan opiskelijoita noin 200 ja alalle tarvitaan lähivuosina 600 ... 800 uutta asiantuntijaa, joista yliopistomme osuus kymmenesosan luokkaa. Ympäristötekniikkaa tai -tieteitä opetetaan kaikissa Suomen yliopistoissa ja tekniikan puolelle on tarjolla noin 400 alan aloituspaikkaa (2002).

Ympäristötekniikan koulutusohjelmaan valitaan vuosittain noin 60 uutta teekkaria. Sisäänotettavien määrää on tarkoitus lisätä 80:een. Valmistuvien määrä on nykyisin LTJ:ssä noin 25 vuodessa ja se tulee kasvamaan noin 60:een.

5 Ympäristötekniikan tutkijakoulutuksesta ja tutkimuksesta

5.1 Tutkijakoulutus ja jatkotutkinnot

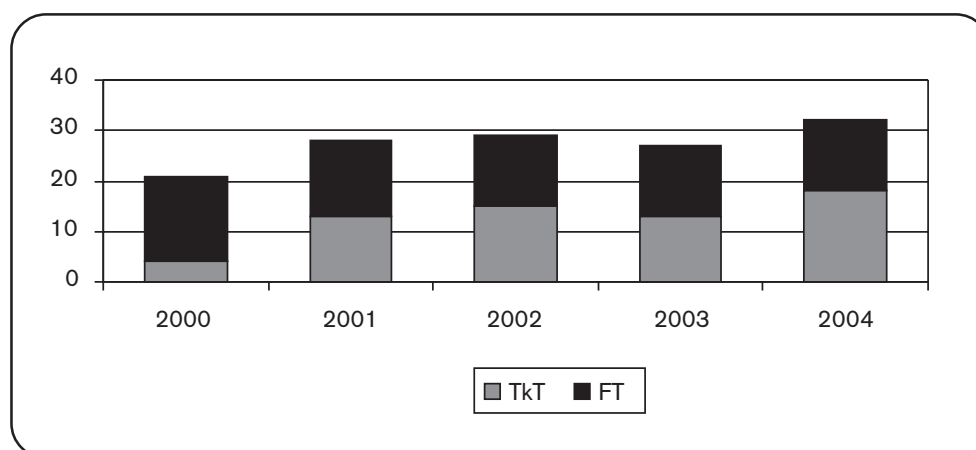
Vuosina 1999–2003 valmistui tilastokeskuksen tilastojen mukaan ympäristötekniikan lisensiaatteja kaikkiaan 12, näistä 11 TTY:sta ja 1 OY:sta. Tekniikan tohtoreita valmistui samana aikana 15, (TTY 13 ja OY 2) Vuonna 2002 valmistui neljä ja vuonna 2003 seitsemän ympäristötekniikan tekniikan tohtoria.

Ympäristötieteissä valmistui vuosina 1999–2003 kaikkiaan 18 lisensiaattia, näistä 12 KuY:sta, 4 JY:sta ja 2 HY:sta. Maatalous-metsätieteissä valmistui samana aikana HY:sta 3 ympäristöalan lisensiaattia. Filosofian tohtoreita ympäristötieteissä valmistui kyseisenä aikana kaikkiaan 72 (HY 1, JY 34, OY 37). Maa-metsätalouden ympäristöalan tohtoreita valmistui ko. aikana yhteensä 36.

Tämän selvityksen kyselyvastausten mukaan ympäristötekniikan tekniikan lisensiaatteja valmistui 2000-luvun alkuvuosina vaihtelevasti 10–15 vuosittain ja tohtoreita lisääntyvässä määrin 7–23. Filosofian tohtoreita ympäristötieteessä samana aikana hieman laskevassa määrin 14–21 vuosittain.

Taulukko 7. Ympäristötekniikan ja ympäristötieteiden jatkotutkinnot vv. 2000–2004 suoritettun kyselyn mukaan.

Ympäristötekniikka										
	Tekniikan lisensiaatit					Tekniikan tohtorit				
	2000	2001	2002	2003	2004	2000	2001	2002	2003	2004
LTY	1	1	1						1	
OY		1	1	1	1		3	1	5	2
TTY	5	3	3	2	5	1	5	7	5	5
TKK	3	1	5	7	2	2	2	4	1	6
ÅA	2	2	2	2	1	2	3	4	1	5
yht.	11	8	12	12	9	5	13	16	13	18
Ympäristötiede										
	Filosofian lisensiaatit					Filosofian tohtorit				
	2000	2001	2002	2003	2004	2000	2001	2002	2003	2004
JY	8	7	6	7	6	8	7	6	7	6
KuY	11	9	9	7	8	11	9	9	7	8
TuY	2	1				2	1			
yht.	21	17	15	14	14	21	17	15	14	14



Kaavio 2. Ympäristötekniikasta (TkT) ja ympäristötieteestä (FT) väitelleet vv. 2000–2004 tehdyn kyselyn mukaan.

Tehdyssä kyselyssä saatiin nimi- ja tekijätiedot yhteensä 50 lisensiaatintyöstä ja 76 väitöskirjasta. Töiden nimien ja vastaajien itsensä tekemien arvioiden perusteella työt jaoteltiin, samoin kuin diplomi- ja progradu-työt, suppean ympäristötekniikan piiriin kuuluviin, laajan ympäristötekniikan piiriin kuuluviin, ympäristötieteen alaan kuuluviin sekä määritelmän ulkopuolelle kuuluviin töihin. Suppean ympäristötekniikan piiriin luokitellut työt jaoteltiin vielä aiheen mukaan vesihuoltoon, jätehuoltoon, pilaantuneiden maiden käsittelyyn ja ilmapuhdistustekniikkaan kuuluviin töihin.

Taulukko 8. Licensiaatintöiden ja väitöskirjojen (2000–2004) jakaantuminen laajaan ja aiheittain suppeaan ympäristötekniikkaan.

	Suppea ympäristötekniikka (%)					Laaja ymp.tekn. (%)	Ymp. tiede (%)	Muu (%)
	Yht.	Vesi-huolto	Jäte-huolto	Pilaant. maat	Ilman puhd.			
lis. työt	32	24	2	6	4	36	10	22
väitöskirjat	26	14	7	3	3	30	17	26
<i>Kaikki yhteensä</i>	29	18	5	4	3	33	14	25

Kun taulukon tietoja verrataan perustutkinnon opinnäytetöiden aiheiden jakautumaan, voidaan todeta oleellinen ero: vesihuoltotekniikkaa lukuun ottamatta muut suppean ympäristötekniikan osa-alueet ovat niukasti edustettuina. Vastaavasti ympäristötekniikan määritelmän ulkopuolelle kuuluvia töitä oli selvästi enemmän kuin perustutkintotasolla. Tulokset osoittavat, että tieteellisen tutkimuksen määrä ympäristötekniikan eri osa-alueilla vesihuoltoa lukuun ottamatta on Suomessa alan merkittävyyteen nähden vähäistä.

Tutkijakoulut ovat vakiinnuttaneet asemansa jatkokoulutusväylänä. Tutkijakouluja oli vuoden 2004 lopussa kaikkiaan 114 kpl. Ympäristöasioita käsitteleviä tutkijakouluja ovat mm. JoY:n koordinoima Ympäristötieteen ja -tekniikan tutkijakoulu (17 paikkaa, ÅA, KuY, JY, TTY, HY, OY), KuY:n koordinoima Ympäristöterveyden tutkijakoulu (5 paikkaa, HY, TuY, JY, OY, TaY, IL, KTL, TTL), TaY:n koordinoima Yhteiskunnallisen ympäristöalan valtakunnallinen tutkijakoulu (5 paikkaa, TKK, HKKK, HY, JY, JoY, OY, TuY, TTY, VaY, Syke), TKK:n koordinoima Energiatekniikan tutkijakoulu (5 paikka, LTY, JY, OY, TTY, ÅA, VTT, Energiafoorumi), ÅA:n koordinoima Graduate School in Chemical Engineering (30 paikka, TKK, OY, LTY). Tutkijakouluista voidaan todeta, että monessa mainituista kouluista on varsin pieni opiskelijapaikkamäärä suhteutettuna osallistuvien yliopistojen määrään. Lisäksi varsinaista ympäristötekniikan tutkijakoulua ei ole. Ympäristötieteen ja -tekniikan tutkijakoulussakin on kolme painopistettä:

- ympäristön tilan tunnistaminen ja arviointi, erityisesti ekologisten ja ekotoksikologisten vaikutusmekanismien ymmärtäminen
- ympäristön kunnostus ja ympäristöbiotekniikka
- ympäristöystävälliset teolliset tuotantomenetelmät.

Näistäkin vain osa liittyy varsinaiseen ympäristötekniikkaan.

5.2 Julkaisutoiminta

Eräänä mittarina tutkimuksen tasosta ovat julkaisut kansainvälisissä, vertaisarviointia käyttävissä (refereed) tieteellisissä lehdissä. Eri yksiköiden (professuuri/laboratorio/laitos) ilmoittamat julkaisumäärät vaihtelevat erittäin paljon. Jotkut ovat jättäneet kokonaan ilmoittamatta julkaisunsa. Tämän vuoksi tehtyä kyselyä täydennettiin erillisillä kirjallisuushauilla tietokannoista sekä suorittamalla hakuja yliopistojen omista julkaisuluetteloista. Haut eivät muuttaneet yleiskuvaa tilanteesta. Osa professoreista ja heidän johtamansa tutkimusyksiköt julkaisivat erittäin kiitettävästi. Mutta valitettavasti ympäristötekniikan alueella löytyy professuu-

reja, joilta ei löydy yhtään kansainvälistä julkaisua 2000-luvulta. Joissakin yksiköissä puolestaan julkaistaan runsaasti raportteja, jotka ovat lähinnä selvityksiä eivätkä ne täytä tieteellisyyden kriteerejä. Eräänä syynä tilanteeseen on varmaankin talouden lyhytjännitteisyyden mukana tullut tieteellisen tutkimustyönkin "kvartalisoituminen", jolloin useamman vuoden tutkimusprojekteille varsinkaan soveltavan perustutkimuksen alalla on vaikea saada rahoitusta. Tämä ei tietystikään ole vain ympäristötekniikan tutkimusta koskeva ongelma. Kansainvälisesti korkeatasoista perustutkimusta ja siihen perustuvaa soveltavaa tutkimusta lienee kuitenkin mahdotonta tehdä ilman vuosittaisia kansainvälisiä tieteellisiä julkaisuja.

Kyselyyn yliopistot ilmoittivat kansainvälisissä aikakauslehdissä julkaistuja tieteellisiä ympäristötekniikan artikkeleita seuraavasti (kota-määrittelyn refereed-julkaisu).

Viimeiseen sarakkeeseen on laskettu indikaattori julkaisuja (ka. 2003 ja 2004) opettajaa ja tutkijaa kohti.

Taulukko 9. Ympäristötekniikan referoidut julkaisut v. 2003 ja 2004 vastaajien ilmoitusten mukaan.

	2003	2004	julk/ (opett.+tutk.)
JY	11	13	0,40
OY	22	24	0,19
KuY	52	40	0,61
TKK	32	40	0,88
TTY	37	38	0,61
ÅA	40	50	0,31
<i>yhteensä</i>	191	201	0,41

Nämä luvut ovat varsin suuntaa-antavia, mutta kertovat kuitenkin jotain alan julkaisukulttuurista. Koko tekniikan alalla tämä tunnusluku on 0,39 ja koko luonnontieteen alalla 1,04 (v. 2003)

5.3 Ympäristötekniikan tutkimus Tekes:n teknologiaohjelmissa

Tekes on viime vuosina toteuttanut useita ympäristötekniikan alan tai siihen läheisesti liittyviä teknologiaohjelmia. Suppean ympäristötekniikan alueelta on toteutettu kolme ohjelmaa, joiden kokonaisrahoitus on ollut keskimäärin 7 milj. euroa vuodessa. Ympäristötekniikan laajempaan määrittelyyn sisältyviä ohjelmia on ollut 4 kappaletta ja kokonaisrahoitus keskimäärin 17 milj. euroa vuodessa. Lisäksi neljässä ohjelmassa ympäristötekniikka on ollut oleellinen osa ohjelman kokonaisuutta. Tekes on myös osarahoittajana kahdessa ohjelmassa, joissa on ympäristötekniikan lisäksi vahva ympäristötieteellinen osuus. Suoraan ympäristötekniikkaan liittyvien toteutuneiden ja käynnissä olevien teknologiaohjelmien kokonaisrahoitus vuosina 1998–2008 on yhteensä noin 220 milj. euroa.

Taulukko 10. Tekes:n ympäristötekniikkaan liittyvät teknologiaohjelmat

Teknologiaohjelma	Kesto	Kokonais- rahoitus milj. euroa	Kohdis- tuminen
Vesihuolto 2001	1997–2001	12	suppea
Jätteiden energiakäyttö	1998–2001	16	suppea
FIBRE- Finnish Biodiversity Research*)	1997–2002	20	ymp.tiede/laaja
Climtech- Teknologia ja ilmastomuutos	1999–2002	5	laaja
Streams- Yhdyskuntien jätehuollosta liiketoim.	2001–2004	25	suppea
FINE- Pienhiukkaset - Teknologia, ymp. ja terv.	2002–2005	26	laaja/ymp. tiede
Densy- Hajautetut energiajärjestelmät	2003–2007	50	laaja
ClimBus- Kustannustehokkaita ratkaisuja ilmastonmuutoksen hillintään	2004–2008	70	laaja

*) Tekes osarahoittajana

5.4 Muuta tutkimuksesta

Eräs tapa arvioida tietyn alan tutkimuksen tasoa on tarkastella alan tutkimuksen huippuyksiköitä. Tutkimuksen huippuyksiköihin panostaminenhan on ollut viime aikoina esillä useammassakin yhteydessä [6,17]. Suomen Akatemialla oli vuoden 2004 lopussa 42 tutkimuksen huippuyksikköä [18], joista yksikään ei ole pelkästään ympäristötekniikkaan liittyvä. Kahden huippuyksikön kohdalta, ÅA:n Prosessikemian keskus ja VTT:n Teollinen biokemia, löytyy maininta prosessien tuottaminen päästöjen tunnistamisesta ja karakterisoinnista (ÅA) tai puhtaampien tuotantotekniikoiden luomisesta ja uusiutuvien raaka-aineiden käytön tehostamisesta (VTT). Ympäristöön liittyviä muita kysymyksiä tutkitaan myös Helsingin Yliopiston johtamassa Ilmakehän koostumuksen ja ilmaston muutoksen fysiikka, kemia ja biologia -huippuyksikössä, jossa ovat mukana myös KuY ja Ilmatieteen laitos sekä Kansanterveyslaitoksen johtamassa Ympäristöterveyden riskianalyysi -huippuyksikössä, johon kuuluvat myös HY ja Eläinlääkintä- ja elintarviketutkimuslaitos (EELA). Kahta viimeksi mainittua ei kuitenkaan voida pitää ympäristötekniikkaan liittyvänä.

EU:lla on ympäristöteknologiaa koskeva toimintaohjelma ETAP (Environmental Technologies Action Plan), joka sisältää 28 toimenpide-ehdotusta seuraavilla alueilla: tekniikoiden saaminen tutkimusvaiheesta markkinoille, markkinaolosuhteiden parantaminen sekä maailmanlaajuinen vaikuttaminen. Suomessa ETAP:n kansallista koordinoitua hoitaa KTM. EU:n kuudennessa puiteohjelmassa vuosille 2002–2006 myös ympäristötekniikka on mukana. Seitsemästä ensisijaisesta tutkimusalueesta kuudes nimeltään Kestävä kehitys, globaali muutos ja ekosysteemit sisältää mm. biomassan käyttöä energian tuotannossa tutkivia hankkeita. Myös kolmannessa tutkimusalueessa, joka käsittelee nanoteknologiaa ja nanotieteitä, on ympäristötekniikkaa sivuavia hankkeita. Tällä hetkellä EU:n seitsemäs puiteohjelma vuosille 2007–2013 on suunnitteilla. Alustavien tietojen mukaan ensisijaisen tutkimusteemojen joukossa ovat mm. Energy, Environment and climate change ja Nanoscience and nanotechnologies, materials and new production technologies. Näissä mainituissa tulee myös ympäristötekniikka esille. Erityisesti TEKES ja Suomen Akademia tarjoavat palveluita EU-hankkeissa ja kannustavat suomalaisia tutkijoita osallistumaan.

6 Resurssit

6.1. Henkilövoimavarat

Kyselyssä vastaajia pyydettiin arvioimaan, mikä osuus henkilökunnan työpanoksesta käytetään ympäristötekniikkaan. Nämä prosentit vaihtelivat nolasta sataan, mutta keskimäärin ne olivat kuitenkin selvästi yli viisikymmentä prosenttia. Kun näillä prosenttiluvuilla kerrottiin ilmoitetut henkilötyövuodet, saatiin tietynlainen laskennallinen arvio ympäristötekniikan voimavaroista.

Kaiken kaikkiaan ympäristötekniikan alalla tehtiin vastausten mukaan noin 800 henkilötyövuotta, näistä yliopistobudjettivaroin 42 %. Ympäristötekniikan henkilötyövuosiksi (ymphtv) muutettuna tämä on 477. Suurin ympäristötekniikan yksikkö on vastausten perusteella ÅA (143 ymphtv); vaikuttaa kuitenkin siltä, että ÅA:n vastauksessa ympäristötekniikka on tulkittu muita laajemmin. Seuraavina ovat TTY (87), TKK (81), OY (73), KuY (47), JY (24) ja LTY (18).

Professoreita on kaikkiaan 79, ympäristöalan henkilötyövuosiksi muutettuna 46. Yliassistentteja on 19 (ymphtv), assistentteja 33, lehtoreita 13. Tuntiopetuksen osuus on suhteellisen pieni, 7,2 ymphtv. Suurin henkilöstöryhmä on tutkijat, 285 ymphtv. Heistä kolme neljännestä on palkattu yliopistobudjetin ulkopuolisin varoin. Yhteenveto henkilövoimavaroista on taulukossa 11.

Taulukko 11. Ympäristötekniikan henkilövoimavarat v. 2004.

Henkilöresurssit v. 2004 (htv)

bud = budjetti varoin, ulk.=ulkopuolisin varoin, ymp% = ympäristötekniikan osuus

ptv = "ymptek. henkilökunta" = henkilöt kerrottuna ymp%:lla

	bud	ulk.	ymp	ptv	bud	ulk.	ymp	ptv	bud	ulk.	ymp	ptv
	%				%				%			
	JY				KuY				TuY			
Professorit	3,0	0,5	50	1,8	7,4	3,2	50	5,3	4,0		5	0,2
Yliassistentit	4,0		60	2,4	2,0	0,3	60	1,4	1,0		5	0,1
Lehtorit	0,8		20	0,2	3,0		70	2,1	1,0			0,0
Assistentit	0,2		50	0,1	4,0	2,5	75	4,9	2,0		35	0,7
tuntiopetus, htv	0,0		30	0,0	4,9		50	2,5				0,0
Tutkijat		22,0	70	15,4		48,4	50	24,2		14,0	10	1,4
Tutk.av.henk.	1,0	1,0	70	1,4	3,7	8,2	50	6,0	2,0		5	0,1
Muu henkilöstö		4,0	75	3,0	3,4	0,6	20	0,8	2,0		5	0,1
<i>Yhteensä</i>	9,0	27,5	66,3	24,2	28,4	63,2	51,4	47,0	12,0	14,0	9,8	2,6
	LTY				OY				TTY			
Professorit	4,0	2,0	67	4,0	9,0	1,0	68,0	6,8	13,5	0,0	57,2	7,7
Yliassistentit	1,0		100	1,0	9,0	0,0	34,9	3,1	2,0	0,0	87,5	1,8
Lehtorit				0,0	2,0	0,0	50,0	1,0	9,0	0,0	50,6	4,6
Assistentit	5,0		50	2,5	12,0	1,0	63,1	8,2	9,0	1,0	63,0	6,3
tuntiopetus, htv	2,0		50	1,0	1,2	0,9	26,2	0,6	2,6	1,0	17,5	0,6
Tutkijat		8,0	75	6,0	5,0	77,8	46,0	38,1	0,0	63,0	64,4	40,6
Tutk.av.henk.		3,0	30	0,9	14,0	7,5	68,8	14,8	6,0	20,0	73,5	19,1
Muu henkilöstö	2,0	1,0	100	3,0	0,0	1,5	20,0	0,3	13,0	0,0	51,5	6,7
<i>Yhteensä</i>	14,0	14,0	65,8	18,4	52,2	89,7	51,4	72,9	55,1	85,0	62,3	87,3
	TKK				VaY				ÅÅ			
Professorit	9,6	0,0	91,1	8,7	1,0	2,0	0	0,0	19,0		60	11,4
Yliassistentit	2,2	0,0	88,4	1,9			0	0,0	12,0		60	7,2
Lehtorit	2,0	0,0	100	2,0		1,0	0	0,0	8,0		40	3,2
Assistentit	11,0	0,0	72,7	8,0	1,0		0	0,0	6,0		40	2,4
tuntiopetus, htv	1,7	1,0	88,3	2,4	2,0		10	0,2				0,0
Tutkijat	9,4	47,5	71,4	40,6		3,0	0	0,0	70,0	100,0	70	19,0
Tutk.av.henk.	11,4	9,1	68,1	14,0		5,0	10	0,5				0,0
Muu henkilöstö	5,5	0,0	66,2	3,6	1,0		0	0,0				0,0
<i>Yhteensä</i>	52,7	57,6	73,6	81,2	5,0	11,0	4,4	0,7	115,0	100,0		143,2
	Kaikki yhteensä											
Professorit	70,5	8,7	58,0	45,9								
Yliassistentit	33,2	0,3	56,3	18,8								
Lehtorit	25,8	1,0	48,5	13,0								
Assistentit	50,2	4,5	60,5	33,1								
tuntiopetus, htv	14,4	2,9	41,6	7,2								
Tutkijat	84,4	383,7	60,9	285,3								
Tutk.av.henk.	38,1	53,8	61,7	56,7								
Muu henkilöstö	26,9	7,1	51,6	17,5								
<i>Yhteensä</i>	343,4	462,0	59,3	477,5								

6.2 Rahoitus

Vastausten perusteella ympäristötekniikan yksiköiden rahoitus oli yliopistoissa vuonna 2003 kaikkiaan 31,1 milj. euroa, siitä oli budjettirahaa 13,7 milj. euroa ja ulkopuolista rahoitusta 17,9 milj. euroa. Kertomalla yliopistokohtainen kokonaisrahoitus yliopistoittain arvioidulla ympäristötekniikan henkilöstöosuudella saadaan ympäristötekniikan rahoituksen laskennalliseksi kokonaismääräksi 19 milj. euroa. Yliopistoittain rahoitus jakaantui alla olevan taulukon mukaisesti.

Taulukko 12. Ympäristötekniikan rahoitus v. 2003 vastaajien mukaan (rahoitus 1 000 euroa).

	budjetti- rahoitus	ulkop. rahoitus	ymp.tekn. osuus
JY	382	1 159	1 022
OY	2 212	3 980	3 182
KuY	1 326	3 332	2 942
TuY	605	311	90
VaY	170	392	25
TKK	2 466	2 486	3 645
TTY	4 563	2 902	4 569
LTY	400	850	823
ÅA	1 600	2 500	2 731
<i>yhteensä</i>	13 724	17 911	19 027

6.3 Resurssien riittävyys

Kyselyssä vastaajia pyydettiin arvioimaan yksikkönsä resursseja asteikolla 1–5 (1. täysin riittämättömät, 2. vaivoin riittävät, 3. tyydyttävät, 4. hyvät ja 5. erinomaiset). Voimavaroista pyydettiin arvioimaan henkilöresurssit (opettajat, tutkijat, muu henkilöstö), rahoitus (kokonaisuutena, laitteet ja tilat) erikseen opetuksen ja tutkimuksen osalta. Yliopistokohtainen yhteenvedo on alla olevassa taulukossa. Näitten sisällä on luonnollista suurtaakin laitospohtaista hajontaa. Kaikkein tyytyväisimpiä vastaajat olivat tiloihin, sekä opetuksen (ka. 3,8) että tutkimuksen puolella (ka. 3,8). Vähiten tyydyttävä resurssitilanne oli kokonaisuudessa opetuksen rahoituksessa (ka. 2,2) ja opettajien (ka.2,9) ja muun henkilökunnan riittävydessä (ka. 2,8). Näitäkin arvoja täytyy pitää kohtuullisen korkeina. Verrattaessa vastauksia yliopistoittain on ehdoton ykkönen JY, jonka "kokonaistyytyväisyyden" keskiarvo on peräti 4,7.

Taulukko 13. Vastaajien tyytyväisyys ympäristötekniikan resursseihin (1. täysin riittämättömät, 2. vaivoin riittävät, 3. tyydyttävät, 4. hyvät ja 5. erinomaiset)

	henkilöresurssit			muut resurssit						
				opetus			tutkimus			
										keski- arvo
	opettajat	tutkijat	muu henkil.	rah. kokon.	laitteet	tilat	rah. kokon.	laitteet	tilat	
JY	4	5	4	4	5	5	5	5	5	4,7
OY	3	4	3	2	3	3	4	3	3	3,1
KuY	3	4	2	2	4	4	4	4	4	3,4
TuY	2	4		2	2	2	4	4	4	3,3
VaY	2	2	1	2	3	3	2	3	3	2,3
TKK	2,9	2,9	2,2	2,0	3,0	4,1	2,8	3,3	3,7	3,0
TTY	3,7	3,2	2,2	3,0	2,7	3,3	3,2	3,3	3,2	3,1
LTY	2	3	4	1	3	3	2	4	4	2,9
ÅA	4	4	4	3			4	4	4	3,9
<i>keskiarvo</i>	2,9	3,5	2,8	2,2	3,3	3,8	3,4	3,7	3,8	3,3

Tässä kyselyssä ympäristöalan rahoitukseksi saatiin noin 19 milj. euroa ja henkilövoimavaroiksi 477 htv. Tilastokeskus julkaisi vuonna 2000 Merja Saarnilehdon laatiman katsauksen "Ympäristöala Suomessa" [8]. Tämän selvityksen mukaan korkeakoulujen ympäristöalan tuotannon arvo oli vuonna 1998 107 milj. markkaa ja välitön työllisyys vaikutus 310 henkilötyövuotta. Näiltä osin näiden kahden eri aikaan ja eri menetelmillä tehdyt arviot ovat hämmästyttävän saman suuruiset.

7 Suositukset

7.1 Opiskelijamäärät

Vuoden 2004 yliopistojen valinnoissa tekniikan alalle lähetettiin 10850 ensisijaista hakemusta, valinnoissa hyväksyttiin 5059 ja opinnot aloitti 3888. Joulukuussa 2003 julkaistiin valtioneuvoston hyväksymä koulutuksen ja tutkimuksen kehittämissuunnitelma vuosille 2003–2008 [19]. Suunnitelmaan kuuluvat myös koulutuksen mitoitussuositukset vuodelle 2008, jonka mukaan tekniikan ja liikenteen koulutusalan aloittajataavoite vuonna 2008 on 3800. Tämä tarkoittaa, että DI-koulutuspaikkoja tulisi enemminkin vähentää kuin lisätä. Myös selvitysmies, emeritus rehtori Paavo Uronen on päätenyt perusteellisessa tarkastelussaan potentiaalisista opiskelijoista ehdottamaan, ettei tekniikan alan valtakunnallista kandidaattitasoon johtavaa koulutusta ja sisäänottoa lisätä [1].

7.2 Ympäristötekniikan peruskoulutus

Tehdyn selvityksen perusteella voidaan todeta, että ympäristötekniikan koulutus on varsin hajanaista eikä alan yhtenäistä määrittelyä ole olemassa. Ympäristötekniikan nimissä annetaan hyvin monenlaista koulutusta ja osa selvästi ympäristötekniikkaan kuluva koulutuksesta annetaan aivan muilla nimikkeillä. Osasyynä määrittelyepäselvyyksiin ovat varmaankin alan poikkitieteellisyys sekä eri oppilaitosten erilaiset historialliset painotukset. Tämän takia ei ole mahdollista antaa täysin täsmällisiä tietoja alalle valmistuneista.

Selvityksemme mukaan ympäristötekniikan opiskelijamäärät ovat huomattavasti suuremmat kuin esim. Tilastokeskuksen tilastot osoittavat. Alan koulutus on viime vuosina lisääntynyt sekä varsinaisissa ympäristötekniikan koulutusohjelmissä että ympäristötekniikkaa muuten sisältävissä koulutusohjelmissä. Myös ammattikorkeakouluissa ympäristötekniikan koulutus on lisääntynyt runsaasti. Odotettavissa on, että lähivuosina alan valmistuneiden määrä tulee edelleen kasvamaan. Kyselyvastausten perusteella osa yliopistoista pitää nykyistä tasoa sopivana myös vuonna 2012 ja osa haluaisi lisätä koulutusta. Teollisuuden ja ympäristöhallinnon edustajat eivät puolestaan nähneet suurta lisäämistarvetta koulutuksen määrässä. Sen sijaan katsottiin yleisesti, että kaikkien diplomi-insinöörien koulutukseen pitäisi sisältyä ympäristötekniikan perusteita. Tämä heijastuu opetuksen resurssien lisäämistarpeeseen, mutta ei aloituspaikkojen lisäämiseen.

Tilastokeskuksen mukaan diplomi-insinööri valmistuu vuonna 2003 ympäristötekniikan koulutusohjelmista (OY, TTY, LTY) 74 diplomi-insinööriä. Tämän selvityksen

kyselyn mukaan heitä on valmistunut viime aikoina hieman toista sataa vuodessa. Uusien opiskelijoiden sisäänotto on viime vuosina ollut suhteellisen tasaisesti 110–120. Selvitysmiesten käsityksen mukaan näitä ei tarvetta muuttaa ainakaan ennen vuotta 2012. Aloituspaiikkoja voisi olla OY:ssa ja TTY:ssa noin 40 ja LTY:ssä noin 30.

TKK:ssa valmistuu tämän selvityksen mukaan noin 30 ja ÅA:ssa noin 12 ympäristötekniikan diplomi-insinööriä vuosittain. Kun esimerkiksi TKK:n ympäristötekniikan diplomi-insinöörit valmistuvat kuudesta eri laitoksesta ja neljästä eri koulutusohjelmasta, ei täsmällisiä aloituspaikkatarpeita ole mahdollista arvioida. Nykyiset määrät tuntuvat kuitenkin oikean suuruisilta.

Selvitysmiesten käsityksen mukaan ympäristötieteen maisterikoulutuksen kokonaisvolyyymi voisi olla v. 2012 noin sata, tästä ympäristötekniikan osuus olisi n. 30. Aloituspaiikkoina tämä merkitsisi lähivuosina noin 25 sekä Jyväskylässä että Kuopiossa. Selvitysmiehet korostavat, että ympäristötekniikan maisterikoulutuksella on oma tärkeä merkityksensä suomalaisessa ympäristöalan koulutuksessa. Sitä ei tarvitse imago- eikä muiden syiden vuoksi muuttaa diplomi-insinöörinkoulutukseksi. Tähän ei myöskään näiden yliopistojen rakenne tarjoa riittävää pohjaa. Maisterikoulutuksen teknillistä puolta voidaan tehostaa yhteistyössä alueen ammattikorkeakoulujen kanssa. Tästä on Kuopiossa saatu hyviä kokemuksia.

KuY:ssa korostetaan myös ympäristötekniikan ja lääketieteellisen tekniikan opetuksen välillä vallitsevaa vahvaa synergiaa, jota hyödynnetään esim. ympäristöterveystutkimuksessa. Tämä onkin muodostunut KuY:n vahvaksi osaamisalueeksi, johon yliopiston kannattaa tulevaisuudessakin keskittyä.

7.3 Ympäristötekniikan koulutuksen sisältö

Koska ympäristötekniikka ei ole koulutusmielessä täsmällinen käsite, tulisi luopua sen käytöstä yksinomaisena koulutuksen sisältöä kuvaavana terminä. Ainoana hättänä luopumisesta näemme yliopistoista ulospäin suuntautuvan viestinnän. Ympäristötekniikalla on aivan ilmeisesti tietty "markkina-arvo", joka vaikuttaa mm. opiskelijarekrytoinnissa ja tutkimusrahan hankkimisessa. Tärkeä onkin varmistaa, että kaikissa ympäristötekniikan koulutusohjelmissa todella saadaan riittävät tekniset valmiudet, joille erikoistuminen ympäristötekniikan osaamisalueille voidaan rakentaa. Alan moninaisuuden vuoksi vaarana on liian yleiselle tasolle jäävä koulutus. Tämä vaara on erityisesti ns. ympäristöjohtamisen tai ympäristöteknologian johtamisen koulutuksessa. Näiden pääaineiden sisältö tulisi tämentää DI-koulutusta ajatellen.

Ympäristötekniikka on siis tyypillisesti poikki- ja monitieteinen ala, ja ympäristöasiat ovat nousseet tärkeäksi osaamisalueeksi kaikille insinööreille. Tämän vuoksi on syytä varmistaa, että uuden kaksivaiheisen tutkinnon kandidaattivaiheessa kaikille opiskelijoille annetaan vahva ja riittävän laaja luonnontieteiden ja tekniikan peruskoulutus, jonka pohjalle erikoistuminen myös ympäristötekniikan eri osa-alueille mahdollistuu. Ympäristötekniikan koulutuksen perustana tulee olla perusilmiöiden vankka osaaminen. Tällaisia ovat mm. aine- ja energiataseet sekä termodynamiikka. Kandidaattivaiheen jälkeen voidaan rakentaa ympäristötekniikkaan painottunut ammattiaine esim. prosessitekniikka, vesihuolto jne. Toisaalta kaikille tekniikan opiskelijoille tulee tarjota mahdollisuus oman alansa ympäristökysymysten tarkasteluun. Tätä kautta ympäristötekniikan opetuksen laajuus lisääntyy, vaikkei opiskelijamääriä lisättäisikään.

Suppean ympäristötekniikan osalta koulutuksessa on kuitenkin selvä puute. Vaikka jätehuolto on laajasti tunnistettu keskeiseksi ympäristötekniikan osa-alueeksi, ei Suomessa ole

alan tekniikan professuuria. Erillisen professuurin puute näkyy mm. alan väitöskirjojen vähäisenä määränä suhteessa diplomitöihin. Jyväskylän yliopistossa on yksi professuuri, jonka opetuslaksaksi on määritelty jätehuolto. TKK:ssa ja TTY:ssa jätehuollon opetus on kytketty vesihuoltotekniikkaan ja jätehuoltotekniikan professuurin perustaminen sopisikin parhaiten jompaankumpaan näistä.

7.4 Maisteriohjelmat

Ympäristö-sanan myönteisen vaikutelman takia on erilaista ympäristö-nimikkeistä koulutusta runsaasti tarjolla. Kohdassa 4.4. on esitelty muutamia vireillä olevia maisteriohjelmahankkeita. Näistä selvästi ympäristötekniikkaan liittyy TKK:n hanke. Selvitysmiesten mielestä varsinaisten yliopistopaikkakuntien ulkopuolisten yliopistokeskusten tulisi maisteriohjelmien sijasta keskittyä ympäristötekniikan alan erityyppisen täydennyskoulutuksen järjestämiseen. Monitieteisen ympäristötekniikan menestyksellinen koulutus vaatii ympärilleen myös runsaasti muita tekniikan aloja, joita erilliset opetuskeskukset eivät voi tarjota.

7.5 Tutkijakoulutus ja tutkimuksen painopisteet

Tulevaisuuden haasteita ajatellen tärkeimmät tutkimuksen painoalueet ovat uusiutuvien energiamuotojen ja raaka-aineiden tehokkaampi hyödyntäminen sekä jätteiden käsittelyn uudet tekniikat. Erityisesti perustutkimusta kyseisillä aloilla tulee vahvistaa. Suomen Akatemian suunnittelee Kestävä tuotanto ja tuotteet -ohjelman käynnistämistä vuoden 2005 loppupuolella. Edellä mainitut alueet ovat oletettavasti mukana kyseisessä ohjelmassa.

Ympäristötekniikka on alana suhteellisen uusi. Sen vuoksi alan tutkijakoulutus ei ole vielä tasolla missä sen pitäisi olla, jotta tutkimustoimintaa voitaisiin täysipainoisesti harjoittaa. Erityisesti tekniikan alalla pitäisi tohtorien koulutusmääriä nopeasti lisätä. Tutkijakoulun käynnistäminen erityisesti jätehuoltotekniikan alueella vahvistaisi myös alan perustutkimusta.

8 Yhteenveto suosituksista

- Ympäristötekniikan yhteiskunnallinen merkitys kasvaa Suomessa, Euroopassa ja maailmanlaajuisesti.
- Tulevaisuuden ympäristökysymykset voidaan tiivistää kahteen osa-alueeseen: ilmaston muutoksen hillintä ja materiaalivirtojen hallinta.
- Ympäristötekniikan alan aloituspaikkojen määrä pidetään nykytasolla kaudella 2006–2012.
- Jyväskylän ja Kuopion yliopistoissa jatketaan luonnontieteellisen alan ympäristötekniikan koulutusta.
- Yliopistojen tulee lisätä ympäristötekniikan opetusresursseja, jotta turvataan kaikille tekniikan alan opiskelijoille mahdollisuus opiskella omaan erikoistumisalaan liittyviä ympäristökysymyksiä.
- Perustetaan jätehuoltotekniikan professuuri joko Teknilliseen korkeakouluun tai Tampereen teknilliseen yliopistoon.
- Lisätään ympäristötekniikan perustutkimusta ja perustutkimusta lähellä olevaa soveltavaa tutkimusta esim. Suomen Akatemian ja Tekes:n yhteisillä tutkimusohjelmilla. Erityisesti uusiutuvien raaka-aineiden tehokkaampaa käyttöä ja jättemateriaalien hallinnan uusia tekniikoita tulisi painottaa.
- Käynnistetään tutkijakoulu jätehuollon alueelle.
- Yliopistopaikkakuntien ulkopuolisissa yliopistokeskuksissa tulee keskittyä täydennyskoulutuksen antamiseen.

9 Lähteet

1. Uronen, P., Teknillistieteellisen koulutuksen mahdollinen laajentaminen Keski-Suomessa ja Pohjois-Savossa, Opetusministeriön työryhmämuistioita ja selvityksiä 2004:26.
2. Pääministeri Matti Vanhasen hallituksen ohjelma 24.6.2003
<http://www.valtioneuvosto.fi/tiedostot/pdf/fi/39357.pdf>
3. Our Common Future. The Brundtland Report. 1987
4. Sopimus Euroopan perustuslaista; III-233 artikla
<http://europa.eu.int/eur-lex/lex/JOHtml.do?uri=OJ:C:2004:310:SOM:FI:HTML>
5. <http://unfccc.int/resource/docs/convkp/kpeng.html>
6. Osaava, avautuva ja uudistuva Suomi, Valtioneuvoston kanslian julkaisusarja 19/2004.
http://www.suomimaailmantaloudessa.fi/data/VNK19_2004.pdf
7. <http://www.chemind.fi/kemianteollisuus/tietotori/tilastoja/ymparisto/>
8. Merja Saarnilehto: Ympäristöala Suomessa, Tilastokeskuksen katsauksia 2000/7.
9. Innovaatiosta hyvinvointiin. Painopisteet tulevaisuuden rakentamiseksi. TEKES 2005.
10. Kati Korhonen-Yrjänheikki ja Sanna Allt: Teknillinen korkeakoulutus Suomen hyvinvoinnin edistäjänä tulevaisuudessa. Tekniikan Akateemisten Liitto TEK, Espoo 2004.
11. Energia Suomessa. Tekniikka, talous ja ympäristövaikutukset. VTT Prosessit. 2004.
12. Directive 2003/30/EC of the European Parliament and of the Council on the promotion of the use of biofuels or other renewable fuels for transport.
13. Maailman tila 2005. Worldwatch-instituutti.
14. ETH Zürich, <http://www.ethz.ch/education/diplomastudies>
15. TU - Berlin, http://itu107.ut.tu-berlin.de/e_index.html
16. CEI - Chalmers Environmental Initiative, <http://www.miljo.chalmers.se/cei/>.
17. Rantanen, J., Yliopistojen ja Ammattikorkeakoulujen tutkimuksen rakenneseelvitys. Opetusministeriön työryhmämuistioita ja selvityksiä 2004:36.
18. www.aka.fi/huippuyksiköt
19. Koulutuksen ja tutkimuksen kehittämissuunnitelma 2003–2008. Opetusministeriön julkaisuja 2004:6

Käytetty kyselykaavake

**Ympäristötekniikan yliopistokoulutuksen ja
-tutkimuksen kartoitus**

kyselyt ja palautus:

palautus 31.12.2004 mennessä

M. Hosia PL 1000; 02015 TKK

matti.hosia@tkk.fi

p. 050-5605317

Tämä kysely koskee toimeksiannon mukaisesti ensisijaisesti ympäristötekniikan diplomi-insinöörikoulutusta. Luonnontieteellistä koulusta kysely koskee niiltä osin, kuin niissä on yhteistyötä teknillisten koulutusyksiköiden kanssa.

Tässä taulukkopohjassa on rivejä ja sarakkeita tilan säästämiseksi vain vähän. Vastaajia pyydetään tarvittaessa lisäämään tilaa vastaustaan varten. Paperivastauksia varten taulukko on syytä tulostaa vaakasuunnassa.

Ympäristötekniikan määritelmä

Kyselyssä tarkoitetaan ympäristötekniikkaa seuraavasti määritellen:

Ympäristötekniikalla tarkoitetaan teknologioita, joiden avulla päästöjen ja jätteiden muodostumista voidaan ehkäistä tai joiden avulla syntyneitä päästöjä ja jätteitä voidaan hallita ja niiden aiheuttamia haitallisia ympäristövaikutuksia voidaan pienentää.

Tiedot vastaajan yksiköstä.

Yliopisto:

Tiedekunta/Osasto:

Laitos/Laboratorio:

OSA 1: Resurssit ja tulokset

1.01 Rahoitus v. 2003

budjettirahoitus, ulkopuolinen rahoitus

euroa, % kok. rahoituksesta

1.02 Henkilöresurssit v. 2004

htv, budjettivaroin, ulkopuolisin varoin, arvio ympäristötekniikan osuudesta (%)

Professorit

Yliassistentit

Lehtorit
Assistentit
tuntiopetus, htv
Tutkijat (akateeminen loppututkinto)
Tutkimusta avustava henkilöstö
Muu henkilöstö

1.03 Ympäristötekniikkaa sisältävät kurssit vuonna 2004

Koulutusohjelma, kurssi, laajuus, osallistujia, arvio ympäristötekniikan osuudesta (%)
Virtuaaliyliopiston kurssit:
kurssien sisältökuvaukset tarvittaessa erillisellä liitteellä (opinto-opas.)

1.04 Laitokselle/Laboratoriolle suoritettut opintoviikot vuonna 2003 yhteensä

1.05 Ympäristötekniikasta v. 2000–2004 tehdyt diplomi- ja pro gradu- työt (kpl) vuonna 2004 tehtyjen diplomi- ja pro gradu-töiden nimet:

1.06 Arvio v. 2000–2004 valmistuneiden työllistymisestä alueen, toimialan ja ympäristötekniikan mukaan.

valmistuneita yhteensä
työllistyneitä:

yliopiston sijaintimaakuntaan
muualle

elinkeinoelämään
yliopistoihin ja tutkimuslaitoksiin
muualle

ympäristötekniikkaan
muulle toimialalle

1.07 Ympäristötekniikasta v. 2000–2004 tehdyt lisensiaattityöt

tekijä, vuosi, työn nimi

1.08 Ympäristötekniikasta v. 2000–2004 tehdyt väitöskirjat

tekijä, vuosi, työn nimi

1.09 Laitoksen/labotorion opettajien ja tutkijoiden julkaisutoiminta v. 2003–2004

referoiduissa aikakauslehdissä (kota-määrittely) julkaistut ympäristötekniikkaa koskevat artikkelit kansainvälisissä aikakauslehdissä. v. 2003, v. 2004, hyväksytty julkaistavaksi myöhemmin.

1.10 Laitoksen/laboratorion vv. 2003-2004 eniten julkaisseet tutkijat, enintään 10

tutkijan nimi, julkaisujen määrä

1.11 Lyhyt kuvaus tärkeimmistä opetus- ja tutkimustuloksista ja muista aktiviteeteistä, joita edellä ei ole kysytty (max. 200 sanaa), mm. kotimainen ja kv-yhteistyön kumppanit, yhteisprojektit ja yhteisjulkaisut.

1.12. Lyhyt kuvaus ympäristötekniikan tutkimuksen teollisesta ja muusta kaupallisesta merkityksestä(max 200 sanaa) mm. vaikutus yritysten perustamiseen ja uudistamiseen, alaan liittyvät patentit.

OSA 2: Itsearviointi

2.1 Oman alan määrittely esim. täsmennyksenä sivun 1 yleiseen määritelmään.

2.2 Laitoksen/Laboratorion toimintastrategia lyhyesti (n. 50 sanaa)

(laajemmat strategiat halutessa erillisinä liitteinä)

2.3 Arvio opetus- ja tutkimusresurssien riittävydestä tällä hetkellä.

Pyydetään arvioimaan asteikolla 5. erinomaiset, 4. hyvät, 3. tyydyttävät, 2. vaivoin riittävät ja 1. täysin riittämättömät

henkilöresurssit: opettajat, tutkijat, muu henkilöstö

rahoitus kokonaisuutena: opetus, tutkimus

laitteisto: opetus, tutkimus

tilat: opetus, tutkimus

SWOT-analyysi oman laitoksen ympäristötekniikan ja opetuksesta ja tutkimuksesta

S: Vahvuudet, W: Heikkoudet, O: Mahdollisuudet ja T: Uhat (korkeintaan 25 sanaa per kohta)

Selvitysmiesten toimeksiantoon liittyen pyydetään lyhyitä sanallisia arviointeja seuraavista aiheista:

2.4 Arvio ympäristötekniikan koulutuksen määrällisestä tarpeesta vuoteen 2012 asti, valtakunnallisesti sekä omassa yliopistossa.

2.5 Arvio ympäristötekniikasta valmistuvien opiskelijoiden työllistymisestä sekä alueellisesta (esim. yliopiston seutukunta/maakunta, muut maakunnat/muu Suomi) ja toimialoittaisesta (ympäristötekniikka/muu ala) sijoittumisesta. (lähivuosina)

2.6 Omat erityisosaamis- ja toiminta-alueet nyt sekä arvio niiden muuttumisesta v. 2012 mennessä

2.7 Käsitys ympäristötekniikan yhteiskunnallisesta merkityksestä tulevaisuudessa

2.8 Mahdollisia muita aiheeseen liittyviä näkökohtia ja kommentteja

Lisätietoja:

nimi: puh:

email:

Allekirjoitukset: aika, paikka, nimi

Seminaarin ohjelma

Ympäristötekniikan koulutuksen ja tutkimuksen selvitys

Seminaari keskiviikkona 16.2.2005 klo 13.00

Opetusministeriö

Meritullinkatu 1

00170 Helsinki

Seminaari liittyy opetusministeriön ympäristötekniikan selvitysmiestoimeksiantoon.

Selvitysmieheksi on kutsuttu professori Outi Krause TKK ja TT Juha Kaila, Kasui Oy.

Selvitysmiesten tehtävänä on kartoittaa ympäristötekniikan koulutuksen nykyvolyyymi ja arvioida alan koulutustarve vuoteen 2012 saakka sekä tehdä ehdotuksia siitä, millaisilla koulutusratkaisuilla ja -rakenteilla koulutustarve voidaan tyydyttää. Selvitysmiesten tulee myös pohtia ympäristötekniikan yhteiskunnallista merkitystä tulevaisuudessa ja arvioida ympäristötekniikan tulevaisuuden kehitystrendit ja osaamisalueet, joihin Suomen tulee lähivuosina panostaa alan koulutus- ja tutkimustoiminnassa.

Seminaarin ohjelma

- 13.00 Tilaisuuden avaus, selvitysmies TT Juha Kaila
- 13.05 Opetusministeriön puheenvuoro, johtaja Markku Mattila
- 13.20 Ympäristötekniikan merkitys tulevaisuudessa, kansleri Kari Raivio
- 13.50 Ympäristötekniikka Tekesin näkökulmasta, teknologiajohtaja Martti Äijälä
- 14.20 Kahvitauko
- 14.45 Pyydetty kommenttipuheenvuorot aiheesta
"Ympäristötekniikka ja tulevaisuus" á 10 min,
 - Kauppa- ja teollisuusministeriö
 - Ympäristöministeriö
 - Elinkeinoelämän keskusliitto, asiantuntija Benny Hasenson
- 15.15 Selvitystyön esittely, selvitysmies professori Outi Krause
- 15.40 Suoritetun kyselyn esittely, erikoissuunnittelija Matti Hosia
- 16.00 Yliopistojen kommentit (JY, OY, KuY, TKK, TTY, LTY) á 5 min. ja yleiskeskustelu
- 16.45 Seminaarin päätös ja yhteenveto, selvitysmies TT Juha Kaila.

Seminaarin puheenjohtajana toimii TT Juha Kaila.

Ilmoittautumiset 11.2.2005 mennessä osoitteeseen *matti.hosia@tkk.fi*

Diplomi-insinööri- ja arkkitehtikoulutuksen yhteisvalinta 2004

Hakeneet, hyväksytyt ja valintapisteeet

Koodi Koulutus- ohjelma	Hakijat ensisij.			Hyväksytyt				Loppupisteet					
	Yli- oppi- laat	Ei yli- opp.	Yht.	pap.- va- linta	alku+ koe- pist.	koe- pist.	Yht.	Pap. val.		Alku+koep.		Koep. hyväks.	
								alin pist.	medi. aani	alin pist.	medi. aani	alin pist.	medi. aani
Otaniemi													
Tietotekniikka	171	16	187	20	70	47	137	15	20	39,45	44,11	18,56	21,33
Elektr. ja sähkötekn.	180	13	193	16	90	59	165	21	22,5	34,44	42,11	15,55	18,00
Tietoliikennetekn.	149	17	166	12	69	45	126	22	23	37,11	43,33	18,56	20,77
Bioinformaatiotekn.	158	8	166	4	22	16	42	26	26	53,89	56,89	31,89	32,72
Automaatio- ja systeemitek.	139	9	148	10	36	24	70	23	24	46,11	49,06	26,34	28,17
Teknillinen fysikka ja matematiikka	187	4	191	22	31	21	74	25	25	54,67	57,56	33,56	35,78
Konetekniikka	203	8	211	26	105	74	205	20	21	28,34	36,00	11,89	14,11
Energia- ja LVI-tekn.	68	4	72	6	33	23	62	22	22	27,22	31,78	11,89	14,44
Tuotantotalous	190	13	203	4	24	16	44	26	26	55,56	57,17	35,22	35,78
Puunjalostustekn.	77	6	83	10	51	37	98	21	22	28,34	34,00	11,67	14,45
Kemian tekniikka	153	8	161	15	49	31	95	24	25	43,55	46,89	21,67	23,89
Mater.- ja kalliotekn.	46	2	48	9	48	31	88	17	20	22,34	27,55	8,89	10,00
Rakenne- ja rakennus- tuotantotekniikka	159	6	165	15	25	17	57	21	22	39,44	43,45	21,11	23,33
Yhdyskunta- ja ympäristötekn.	49	1	50	12	22	14	48	20	21,5	31,78	35,50	14,66	16,66
Kiinteistöjohtaminen	17	2	19	5	7	4	16	20	22,5	40,67	43,00	21,12	22,34
Geomatiikka	86	1	87	6	21	15	42	21	23	29,11	32,45	13,56	14,66
Kiinteistötalous	97	2	99	9	25	16	50	21	22	31,44	36,89	17,67	19,56
Arkkitehtuuri	255	3	258		33	8	41			24,25	25,10	10,20	10,50
Maisema-arkkiteht.	39	1	40		12	3	15			25,13	26,33	11,40	11,50
Yhteensä	2 423	124	2 547	201	773	501	1 475						

Koodi Koulutus- ohjelma	Hakijat ensisij.			Hyväksytyt				Loppupisteet					
	Yli- oppi- laat	Ei yli- opp.	Yht.	pape-alku+ riva- koe- linta pist.	koe- pist.	val.	Yht.	Pap. val. alin pist.	Alku+koep. medi. aani	Koep. hyväks. alin pist.	medi. aani		
Tampere													
Tietotekniikka/Pori	18	0	18	4	15	1	20	8	14,5	11,11	19,22	7,77	7,77
Tietotekniikka	202	10	212	59	82	57	198	15	19	23,00	28,56	9,44	11,34
Tietojohdaminen	77	3	80	8	20	14	42	21	22	37,78	40,50	19,45	20,78
Tietoliik.-elektron.	105	4	109	20	40	30	90	18	19,5	24,89	31,67	10,00	11,67
Sähkötekniikka	141	3	144	56	79	54	189	17	21	20,22	29,33	6,11	8,89
Elektron.tuotanto/Pori	25	3	28	11	17	2	30	10	14	11,66	21,45	11,34	11,62
Teknis-luonnontiet.	94	1	95	9	13	8	30	24	25	51,55	53,78	30,22	30,95
Matem. aineiden opett.	67	1	68	9	13	8	30	22	24	43,33	47,89	23,00	24,67
Automaatiotekniikka	132	5	137	38	54	36	128	18	20	25,11	31,72	11,11	12,89
Konetekniikka	207	12	219	44	63	42	149	17	19	28,45	33,89	14,11	16,22
Tuotantotalous	229	2	231	12	28	18	58	23	24	47,33	49,84	28,00	29,56
Tekstiili- ja vaatetustekniikka	33	0	33	6	8	6	20	19	19,5	28,88	33,78	14,11	14,95
Materiaalitekniikka	86	0	86	24	35	23	82	20	22	32,22	37,45	13,89	16,89
Rakennustekniikka	159	5	164	19	28	18	65	19	21	36,11	38,23	19,66	21,34
Ymp.- ja energiatekn.	94	3	97	9	14	10	33	23	25	40,78	43,67	21,89	22,44
Arkkitehtuuri	172	4	176		26	6	32			23,33	24,23	9,80	10,40
Yhteensä	1841	56	1897	328	535	333	1196						
Lappeenranta													
Tietotekniikka	55	2	57	17	23	9	49	7	15	17,11	22,56	6,11	9,11
Digitaalinen viestintätekniikka	8	1	9	4	5	0	9	16	16,5	15,67	18,00		
Sähkötekniikka ja elektroniikka	50	0	50	19	25	0	44	9	16	11,67	21,12		
Viestintä ja teoll.- elektroniikka	5	1	6	1	1	0	2	17	17	19,11	19,11		
Konetekniikka	62	1	63	28	43	3	74	12	15	11,22	18,67	6,67	7,78
Lasertekniikka	3	0	3	0	2	0	2			17,34	19,17		
Tuotantotalous	143	1	144	35	51	34	120	17	20	27,11	32,34	11,33	13,56
Tietojohdaminen	11	0	11	4	7	5	16	17	18	18,44	20,89	6,67	7,22
Energiatekniikka	29	0	29	14	15	0	29	11	17	13,78	20,11		
Ympäristötekniikka	25	0	25	11	12	3	26	13	18	22,77	26,61	9,67	11,33
Ympäristöyliopisto	5	0	5	3	0	0	3	20	21				
Kemiantekniikka	77	1	78	22	33	11	66	17	20	17,45	26,67	6,11	9,11
Yhteensä	473	7	480	158	217	65	440						

Koodi Koulutus- ohjelma	Hakijat ensisij.			Hyväksytyt				Loppupisteet					
	Yli- oppi- laat	Ei yli- opp.	Yht.	pape- riva- linta	alku+ koe- pist.	koe- pist.	val.	Yht.	Pap. val. alin pist.	Alku+koep. medi. aani	Koep. hyväks. alin pist.	medi. aani	
Oulu													
Tietotekniikka	97	11	108	36	41	7	84		12	17	11,11	20,89	6,67 10,78
Informaatio- verkostot	33	2	35	10	15	10	35		17	20	25,00	27,77	9,66 10,94
Elektroniikka	95	6	101	37	33	2	72		8	16	11,67	23,56	11,33 13,56
Tietoliikenne	48	5	53	18	26	3	47		10	15,5	12,77	21,40	9,44 11,89
Konetekniikka	139	4	143	34	47	34	115		13	18	20,34	23,78	9,11 10,50
Tuotantotalous	90	2	92	10	16	10	36		22	24	41,22	43,39	20,22 21,78
Prosessitekniikka	120	5	125	33	46	26	105		17	19	22,00	26,83	6,11 10,95
Ympäristötekniikka	49	2	51	13	19	11	43		17	20	23,11	26,78	7,23 11,67
Ympäristön- suojelutekniikka	5	0	5	1	3	2	6		20	20	19,78	21,67	10,55 13,34
Arkkitehtuuri	181	4	185		36	9	45				22,83	23,81	9,40 10,20
<i>Yhteensä</i>	857	41	898	192	282	114	588						
Åbo Akademi													
Tietotekniikka	30	2	32	8	16	11	35		13	20,5	18,67	22,67	2,78 6,34
Prosessitekniikka	34	0	34	9	19	7	35		14	17	19,78	27,22	5,00 7,44
<i>Yhteensä</i>	64	2	66	17	35	18	70						
Turun yliopisto													
Tietotekn., elektron. ja tietoliikennetekn.	76	2	78	19	38	6	63		13	18	14,00	23,95	4,45 10,11
<i>Yhteensä</i>	76	2	78	19	38	6	63						
Vaasan yliopisto													
Tietotekniikka	26	1	27	5	15	7	27		18	21	14,00	26,45	5,00 8,56
Sähkö- ja energiatekniikka	28	4	32	8	20	2	30		11	13,5	10,00	20,22	21,33 24,95
<i>Yhteensä</i>	54	5	59	13	35	9	57						



OPETUSMINISTERIÖ

Undervisningsministeriet

MINISTRY OF EDUCATION

Ministère de l'Éducation

ISBN 952-442-904-7 (nid.)

ISBN 952-442-905-5 (PDF)

ISSN 1458-8102

Julkaisumyynti:

Yliopistopaino

PL 4 (Vuorikatu 3)

00014 Helsingin Yliopisto

puhelin (09) 7010 2363

faksi (09) 7010 2374

books@yopaino.helsinki.fi

www.yliopistopaino.helsinki.fi